

Book
Chapter
Konservasi
Alam Jilid 3



Book Chapter Konservasi Alam Jilid 3

Editor

Dr. Widya Hary Cahyati,, S. KM., M. Kes.

Penyunting

Prof. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S. T., M. T.

Desain Sampul dan Tata Letak

Yoris Adi Maretta, S. Pd., M. Pd.

IT

Muhammad Kurniawan, S. Pd., M. Pd.

Penerbit LPPM Universitas Negeri Semarang
Gedung Prof. Dr. Retno Sriningsih Satmoko, Penelitian dan
Pengabdian Masyarakat, Kampus Sekaran, Gunungpati,
Semarang 50229 WA 085158837598
Email sentraki@mail.unnes.ac.id

Cetakan Pertama, 2023

ISSN 2961-7448

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

PRAKATA

Dalam rangka pelaksanaan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi, maka kegiatan menulis buku merupakan salah satu indikator penting, terutama dalam bidang penelitian. Penulisan buku juga merupakan salah satu wujud penyebarluasan informasi kepada masyarakat di lingkungan akademik, maupun di masyarakat luas. Untuk itu, kami sebagai bagian dari komunitas akademik menghadirkan *bookchapter* sebagai wujud pelaksanaan dari Tri Dharma Perguruan Tinggi.

“*Bookchapter* Konservasi Alam Jilid 3” ini terdiri dari tujuh bab, yang masing-masing ditulis oleh kelompok peneliti yang mempunyai latar belakang di bidang konservasi alam atau ilmu-ilmu yang berkaitan. Dalam bab 1, menjelaskan tentang plastik yang dianggap sebagai bahan yang murah dan praktis, namun memberikan permasalahan pada lingkungan yaitu sampah. Sampah plastik juga menjadi permasalahan lingkungan di Indonesia, dimana plastik menjadi salah satu penyumbang timbulan sampah nasional. Hal ini diperlukan solusi yang efektif dan efisien dalam pengelolaan sampah plastik. Pengelolaan sampah plastik dapat dilakukan seperti pembuatan biji plastik maupun penggunaan agen biodegradasi yang lebih ramah lingkungan. Namun, biaya yang digunakan dalam pengelolaan sampah yaitu pembuatan biji plastik serta menggunakan agen biologis tersebut juga cukup tinggi.

Dalam bab 2 membahas tentang kesehatan kulit yang merupakan aspek penting dari estetika. Metode dan bahan baru telah dikembangkan oleh dermatologis dan ilmuwan untuk memenuhi tujuan tersebut. Kosmetik wajah menjaga kelembapan kulit dan menghilangkan sebum dari kulit untuk menjaga kesehatan kulit. Penggunaan kosmetik yang sesuai dengan jenis kulit wajah akan menghasilkan kulit yang sehat. Upaya wanita untuk menjaga penampilan kulit wajah tetap sehat sangat beragam mulai dari melakukan perawatan di klinik kecantikan maupun dengan membeli produk skin care. Namun demikian, banyak

wanita yang tidak memperhatikan jenis kulit yang dimiliki sehingga perawatannya kurang tepat. Selain itu, tidak sedikit yang mengalami kelainan kulit setelah menggunakan produk yang tidak sesuai dengan jenis kulit, salah satunya timbul masalah kulit yaitu jerawat.

Di bab 3 dibahas tentang minyak serai wangi yang menjadi salah satu komoditas dari sembilan jenis minyak atsiri yang paling menonjol sebagai andalan Indonesia dan berpotensi serta sangat prospektif. Permintaan minyak ini cukup tinggi dan harganya cenderung stabil. Budidaya tanaman serai wangi juga tidak terlalu sulit serta dapat hidup di lahan-lahan kritis. Kandungan utama minyak serai wangi yaitu sitronelal, geraniol, dan sitronelol yang memberikan bau khas citrus yang disukai oleh konsumen. Produksi minyak serai wangi juga harus memenuhi parameter standar mutu SNI 06-3953-1995. Minyak serai wangi ini dapat diperoleh dengan cara ekstraksi dan destilasi.

Bab 4 pada *bookchapter* ini membahas tentang cagar budaya yang merupakan aset penting bagi Indonesia yang perlu dijaga kelestariannya. Pencegahan pelapukan candi akibat lumut dan pembekuan air dilakukan dengan pelapisan *weaption oil* pada batuan candi. *Weaption Oil* merupakan formulasi minyak atsiri dan nigrin untuk mengatasi biodeteriorasi pada batuan candi. Minyak atsiri diambil dengan metode hidrodestilasi dari bahan alami berupa serai wangi, kulit jeruk dan jahe dengan perbandingan terbaik 1:2:2 kemudian diformulasikan dengan nigrin. Kandungan senyawa dalam minyak atsiri dari ketiga bahan diketahui dengan pengujian GC-MS dengan hasil senyawa *alfa-Pinene*, *2-beta-Pinene*, *beta-Phellandrene*, *Cyclohexene*, *Linalool* yang mampu mencegah serta menghambat pertumbuhan lumut dan jamur pada batuan candi.

Dalam bab 5 menjelaskan tentang zat pewarna alami yang dapat diperoleh dari tumbuhan maupun hewan. Salah satu tumbuhan yang mengandung zat warna alami adalah limbah kulit buah naga merah. Simplisia adalah bahan utama dalam pembuatan zat warna alami terutama pada proses ekstraksi dari bahan alam yang telah dikeringkan yang digunakan untuk pengobatan dan

belum mengalami pengolahan, kecuali dinyatakan lain suhu pengeringan tidak lebih dari 60 °C. Simplisia yang aman dan berkhasiat adalah simplisia yang tidak mengandung bahaya kimia, mikrobiologis, dan bahaya fisik, serta mengandung zat aktif yang berkhasiat. Untuk mendapatkan zat warna yang baik diperlukan simplisia yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dan mempunyai warna yang baik. Perlakuan awal yaitu Hot Water blanching,

Bab 6 dalam *bookchapter* ini membahas tentang Danau Rawa Pening yang menjadi salah satu danau prioritas penanganan oleh pemerintah. Revitalisasi danau adalah kegiatan untuk mengembalikan fungsi alami danau sebagai tampungan air melalui beberapa kegiatan yang bersifat struktural maupun non-struktural. Dalam perumusan kebijakan dan strategi revitalisasi danau Rawa Pening dibutuhkan data dan informasi supaya hasilnya tepat sasaran. Hal tersebut adalah lingkungan yang mana terdiri dari komponen abiotik, biotik dan budaya. Pemahaman kondisi lingkungan secara komprehensif dirasa akan mempermudah dalam penentuan strategi dan kebijakan pengelolaan Danau Rawa Pening.

Di bab 7 dibahas tentang langkah untuk mengurangi biaya konsumsi energi di kampus hijau, melalui program konservasi energi salah satunya dengan mengetahui konsumsi energi di masa depan melalui prakiraan berdasarkan data-data historis tahun-tahun sebelumnya. Prakiraan penggunaan energi di bangunan gedung penting dilakukan hal ini untuk meningkatkan kinerja energi, dengan tujuan mencapai konservasi energi dan mengurangi dampak lingkungan (emisi CO₂). Lokasi penelitian di kampus hijau UNNES Hasil penelitian menunjukkan model *Artificial Neural Network (ANN) backpropagation* untuk memprakirakan kebutuhan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES ini berdasarkan data eksternal iklim dan okupansi per bulan dari tahun 2013-2020, meliputi data pada saat sebelum pandemi Covid 19 dan pada saat pandemi Covid 19.

Penulis menyadari *bookchapter* ini masih belum sempurna, sehingga penulis menerima saran yang membangun. Semoga *bookchapter* ini bermanfaat bagi pembaca.

Semarang, Agustus 2023

Tim Editor

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN IDENTITAS BUKU.....	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PEMANFAATAN LARVA DALAM DEGRADASI SAMPAH PLASTIK.....	xii
ABSTRAK.....	1
PENDAHULUAN	2
PERMASALAHAN SAMPAH PLASTIK DI INDONESIA	4
BENTUK PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK.....	7
BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK.....	10
ULAT JERMAN.....	12
ULAT HONGKONG.....	15
ULAT LILIN BESAR	17
PEMANFAATAN LARVA DALAM PENGELOLAAN SAMPAH	19
SIMPULAN.....	21
UCAPAN TERIMA KASIH.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	22
BAB II. APLIKASI MASKER GEL DARI EKSTRAK BELIMBING WULUH DAN LIDAH BUAYA PADA KULIT BERJERAWAT....	27
ABSTRAK.....	27
PENDAHULUAN	28
TEORI.....	31
METODE.....	38
HASIL.....	39
SIMPULAN.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
BAB III. MINYAK SERAI WANGI.....	49
ABSTRAK.....	49
PENDAHULUAN	49
MINYAK SERAI WANGI DAN POTENSINYA.....	50

ISOLASI MINYAK SERAI WANGI	56
SINTESIS TURUNAN MINYAK SERAI WANGI	66
MANFAAT DAN KHASIAT MINYAK SERAI WANGI	71
SIMPULAN	76
DAFTAR PUSTAKA	77
BAB IV. WEATHERING PREVENTION (WEAPTION) OIL SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN PELAPUKAN BATUAN CANDI PADA SITUS CAGAR BUDAYA BERBASIS MINYAK ATSIRI DARI WASTE ORGANIK	
84	84
ABSTRAK	84
PENDAHULUAN	85
METODE PENELITIAN	87
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	88
SIMPULAN	96
UCAPAN TERIMA KASIH	96
DAFTAR PUSTAKA	96
BAB V. PENGARUH <i>BLANCHING</i> PADA PEMBUATAN SIMPLISIA	
99	99
ABSTRAK	99
PENDAHULUAN	100
SIMPLISIA	101
BLANCHING	102
METODE BLANCHING	103
PEWARNA MAKANAN	105
KUALITAS SIMPLISIA	106
SIMPLISIA KULIT BUAH NAGA MERAH	110
KARAKTERISTIK SIMPLISIA KULIT BUAH NAGA MERAH	111
SIMPULAN	118
UCAPAN TERIMA KASIH	119
DAFTAR PUSTAKA	119
BAB VI. KONDISI LINGKUNGAN DANAU RAWA PENING ...	
123	123
ABSTRAK	123
PENDAHULUAN	124
KONDISI UMUM DAN SEJARAH RAWA PENING	124
KONDISI LINGKUNGAN ABIOTIK	127
KONDISI LINGKUNGAN BIOTIK	131
KONDISI LINGKUNGAN BUDAYA	132

PENGELOLAAN LINGKUNGAN DANAU RAWA PENING.....	139
SIMPULAN.....	143
UCAPAN TERIMA KASIH.....	143
DAFTAR PUSTAKA.....	143
BAB VII. MODEL PRAKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS BERBASIS <i>ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION</i>	149
ABSTRAK.....	149
PENDAHULUAN	150
PERMASALAHAN.....	157
TUJUAN.....	157
PRAKIRAAN	157
MODEL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACK PROPAGATION.....	158
PRAKIRAAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN).....	161
ARSITEKTUR JARINGAN SYARAF TIRUAN	162
DESAIN PENELITIAN	162
HASIL.....	176
PEMBAHASAN.....	189
KESIMPULAN DAN SARAN	191
DAFTAR PUSTAKA.....	192

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Formula Masker Gel	39
Tabel 2.2. Data Hasil Penilaian oleh Validator	40
Tabel 2.3. Hasil Penilaian Uji Inderawi	41
Tabel 2.4. Hasil Penilaian Uji Klinis	43
Tabel 2.5. Uji Klinis Sensitivitas	44
Tabel 3.1. Perbedaan Tanaman Serai Wangi Tipe Ceylon dan Jawa	54
Tabel 3.2. Syarat Mutu Minyak Serai Wangi.....	55
Tabel 4.1. Hasil Uji Kandungan Senyawa " <i>Weaption Oil</i> "	90
Tabel 4.2. Variasi Perbandingan Serai Wangi, Kulit Jeruk dan Jahe Dalam Pembuatan Minyak Atsiri	92
Tabel 4.3. Variasi Perbandingan Jumlah Bahan terhadap Waktu	93
Tabel 5.1. Bahan Pewarna yang Diizinkan di Indonesia.....	106
Tabel 5.2. Kandungan Kadar Air Simplisia Tepung Kulit Buah Naga Kontrol	111
Tabel 5.3. Kandungan Antioksidan Simplisia Tepung Kulit Buah Naga Kontrol	111
Tabel 5.4. Warna Tepung Kulit Buah Naga Kontrol	111
Tabel 6.1. Jumlah Penduduk di Wilayah Administrasi pada DTA Rawa Pening.....	132
Tabel 7.1. Jenis Data, Teknik Pengumpulan dan Sumber Data	165
Tabel 7.2. Data Okupansi Mahasiswa (Orang) per Bulan 2013- 2020	177
Tabel 7.3. Data Okupansi Tenaga Dosen (orang) per Bulan 2013-2020.....	178
Tabel 7.4. Data Okupansi Tendik (orang) per Bulan 2013 - 2020 178	
Tabel 7.5. Data Suhu Udara (°C) Rata -rata Bulanan 2013-2020	179

Tabel 7.6. Data Kelembaban Udara (%) rata-rata Bulanan 2013-2020	180
Tabel 7.7. Data Kecepatan Angin (km/jam) rata-rata Bulanan 2013-2020.....	181
Tabel 7.8. Data Lamanya Penyinaran Matahari (%) Rata-rata Bulanan 2013-2020.....	182
Tabel 7.9. Data Intensitas Radiasi Matahari (cal/cm ² /hari) rata-rata Tahun 2013-2020 Area Kota Semarang	183
Tabel 7.10. Data Konsumsi Energi Listrik Rata-rata Tahun 2013-2020 di Kampus	184
Tabel 7.11. Hasil dari Ujicoba Beberapa Variasi untuk Memperoleh Nilai MSE dan MAPE Terbaik	184
Tabel 7.12. Hasil Prakiraan Penggunaan Energi Listrik (kWh) di UNNES	188

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Peta Konsentrasi Sampah Plastik Salah Kelola (dalam kg/km ²) yang Menunjukkan Akumulasi Sampah Plastik Salah Kelola pada Tahun 2017 Hingga 2019 (Chassignet <i>et al.</i> , 2021)	3
Gambar 1.2. Komposisi Sampah di Indonesia pada Tahun 2020 dan 2022 (KLHK, 2022)	5
Gambar 1.3. Persebaran Jumlah TPS 3R (KLHK, 2022)	6
Gambar 1.4. Jenis Plastik dan Penggunaannya (Plasteek, 2022)	9
Gambar 1.5. Plastik yang Dimodifikasi (Kiri) Terurai Setelah Hanya Tiga Hari Dalam Kompos Standar (Kanan) dan Seluruhnya Setelah Dua Minggu (Sanders, 2021; DelRe <i>et al.</i> , 2021)	12
Gambar 1.6. Siklus Hidup Ulat Jerman dari Telur ke Kumbang Gelap: (A) Telur, (B) Ulat Jerman, (C) Pupa, and (D) Kumbang Gelap (Rumbos & Athanassiou, 2021)	13
Gambar 1.7. Siklus Hidup Ulat Hongkong (Ong <i>et al.</i> , 2018)	15
Gambar 1.8. Siklus Hidup <i>Galleria mellonella</i> (Abidalla & Battaglia, 2018)	17
Gambar 1.9. Persentase Timbulan Sampah Pada Tahun 2022 Berdasarkan Sumbernya (KLHK, 2022)	19
Gambar 1.10. (A) Pembuatan Kerajinan di Bank Sampah Mawar Biru, Kota Tegal, (B) Hasil Kerajinan dari Sampah Eceng Gondok	20
Gambar 3.1. Sebaran Tanaman Atsiri Indonesia	52
Gambar 3.2. Tanaman Serai Wangi Tipe Ceilon dan Jawa	53
Gambar 3.3. Alat Distilasi Air (LIPI Press)	59
Gambar 3.4. Alat Distilasi Air dengan Bantuan Microwave (Variyana <i>et al.</i> , 2019)	60
Gambar 3.5. Alat Steam Distillation	62
Gambar 3.6. Alat Steam and Water Distillation	63

Gambar 3.7. Komponen Utama Minyak Serai Wangi.....	67
Gambar 3.8. Reaksi Reduksi Sitronelal	67
Gambar 3.9. Produk Utama dan Produk Turunan Minyak Serai Wangi	68
Gambar 3.10. Reaksi Siklisasi Sitronelal	69
Gambar 3.11. Fragmentasi Sitronelal menjadi Isopulegol Asetat	70
Gambar 3.12. Reaksi Sitronelal Menjadi Hidroksi Sitronelal	70
Gambar 3.13. Reaksi Sintesis Sitronelol Dan Geraniol Menjadi Ester	71
Gambar 3.14. Reaksi Isopulegol Menjadi Mentol	71
Gambar 4.1. Hasil Uji GC-MS Kandungan Minyak Atsiri	91
Gambar 4.2. Grafik Jumlah Bahan (mL) terhadap Waktu (Hari)	93
Gambar 5.1. Skala Ruang Warna L*a*b	112
Gambar 5.2. Metode Hot Water Blanching	113
Gambar 5.3. Metode Steam Blanching.....	113
Gambar 5.4. Metode Microwave Blanching	113
Gambar 5.5. Kandungan Total Antioksidan Simplisia Kulit Buah Naga	115
Gambar 5.6. Kadar Air Simplisia Kulit Buah Naga	117
Gambar 5.7. Kadar Abu Simplisia Kulit Buah Naga	118
Gambar 6.1. Lokasi Danau Rawa Pening.....	125
Gambar 6.2. Danau Rawa Pening.....	126
Gambar 6.3. Peta DTA Rawa Pening	128
Gambar 6.4. Peta bentuk lahan DTA Rawa Pening	129
Gambar 6.5. Peta Jenis Tanah di DTA Rawa Pening	130
Gambar 6.6. Peta Penutup Lahan DTA Rawa Pening.....	131
Gambar 6.7. Peta Jumlah dan Persebaran Penduduk di DTA Rawa Pening.....	133
Gambar 6.8. Nelayan di Danau Rawa Pening.....	136
Gambar 6.9. Kerajinan dari Eceng Gondok	137

Gambar 6.10. Pemandangan Danau Rawa Pening (Instagram – Yoyokwiratmoko)	138
Gambar 6.11. Kegiatan Pembersihan dan Pengangkatan Eceng Gondok (Pendam VI Diponegoro, 2021)	141
Gambar 6.12. Kenampakan Danau Rawa Pening dari Google Earth	142
Gambar 7.1. Peta Kampus Unnes Sekaran	162
Gambar 7.2. Diagram Alir Penelitian	163
Gambar 7.3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	167
Gambar 7.4. Diagram Alir Pengolahan Data Ocupancy	170
Gambar 7.5. Diagram Alir Pengolahan Data Lamanya Penyinaran Matahari.....	171
Gambar 7.6. Diagram Alir Pengolahan Data Suhu	171
Gambar 7.7. Diagram Alir Pengolahan Data Kelembaban	172
Gambar 7.8. Diagram Alir Pengolahan Data Kecepatan Angin	173
Gambar 7.9. Diagram Alir Pengolahan Data Intensitas Radiasi	173
Gambar 7.10. Diagram Alir Prediksi Konsumsi Energi Listrik	174
Gambar 7.11. Gambar Arsitektur Jaringan	185
Gambar 7.12. Hasil Training JST	186
Gambar 7.13. Hasil Performance Pelatihan JST	187
Gambar 7.14. Hasil Pengujian Tahun 2019 dan 2020	187
Gambar 7.15. Grafik Hasil Prakiraan Penggunaan Energi Listrik (kWh) Tahun 2021-2025	188

BAB I. PEMANFAATAN LARVA DALAM DEGRADASI SAMPAH PLASTIK

Miranita Khusniati¹, Andhina Putri Heriyanti², Trida Ridho Fariz^{2*}, Amnan Haris², Ni Luh Tirtasari¹, Mukhlis Abdullatif², Habil Sultan², Zaid Habibullah³, Erma Zakiy Arifah², Yonika Sindiana Prahmani², Fadhilla Dyah Anindita², Syamsul Azhar Qowwam Ma'ruf²

¹Pendidikan IPA, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

²Ilmu Lingkungan, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

³Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

trida.ridho.fariz@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.147>

ABSTRAK

Plastik adalah salah satu bahan yang sangat umum digunakan dalam kehidupan modern kita. Plastik dianggap sebagai bahan yang murah dan praktis, namun memberikan permasalahan pada lingkungan yaitu sampah. Sampah plastik juga menjadi permasalahan lingkungan di Indonesia, dimana plastik menjadi salah satu penyumbang timbulan sampah nasional. Hal ini diperlukan solusi yang efektif dan efisien dalam pengelolaan sampah plastik. Pengelolaan sampah plastik dapat dilakukan seperti pembuatan biji plastik maupun penggunaan agen biodegradasi yang lebih ramah lingkungan. Namun, biaya yang digunakan dalam pengelolaan sampah yaitu pembuatan biji plastik serta menggunakan agen biologis tersebut juga cukup tinggi. Penggunaan larva bisa menjadi solusi alternatif dalam degradasi sampah plastik. Larva tersebut seperti ulat jerman, ulat hongkong maupun ulat lilin.

Kata kunci: Sampah plastik, Degradasi, Ulat Jerman, Ulat Hongkong, Ulat Lilin

PENDAHULUAN

Plastik adalah salah satu bahan yang sangat umum digunakan dalam kehidupan modern kita. Meskipun seringkali plastik dianggap sebagai bahan yang murah dan praktis, sejarahnya tidaklah mudah. Plastik memiliki sejarah panjang yang telah menyebabkan masalah lingkungan besar yang kita hadapi saat ini, yaitu sampah plastik. Sejarah plastik dimulai pada abad ke-19 ketika perusahaan karet Amerika, Goodyear dan Hancock, menemukan karet vulkanisasi yang dapat dijadikan bahan dasar plastik (Gilbert, 2017). Pada awalnya, plastik digunakan untuk membuat barang-barang kecil seperti sikat rambut dan kancing. Namun, pada akhir abad ke-19, Alexander Parkes menemukan bahan baru yang disebut celluloid yang dapat digunakan untuk membuat benda yang lebih besar seperti kacamata dan perhiasan.

Pada awal abad ke-20, pengembangan teknologi plastik semakin pesat. Pada tahun 1907, Leo Baekeland menemukan bahan sintesis baru yang disebut bakelite yang dapat digunakan untuk membuat barang-barang elektronik dan peralatan rumah tangga (Hiraga *et al.*, 2019). Selama Perang Dunia II, penggunaan plastik semakin meningkat karena dipakai untuk membuat barang-barang militer seperti helm dan kantong darah.

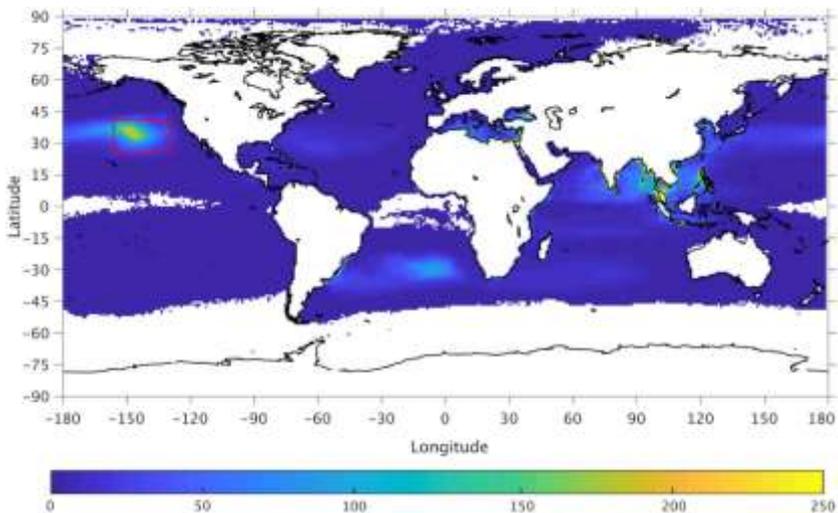
Setelah Perang Dunia II, konsumsi plastik meningkat drastis karena harga produksi yang murah dan kemudahan penggunaannya. Pada tahun 1950, hanya ada sekitar 1,5 juta ton plastik yang diproduksi di seluruh dunia. Namun, pada tahun 2019, produksi plastik global telah meningkat menjadi lebih dari 360 juta ton (Chow *et al.*, 2023).

Produksi dan penggunaannya yang semakin meningkat disebabkan karena plastik yang memiliki banyak keunggulan. Plastik memiliki banyak keunggulan seperti ringan, tahan lama, dan mudah dibentuk sehingga mudah digunakan dalam berbagai aplikasi seperti kemasan makanan, mainan, elektronik, dan lain sebagainya.

Namun, produksi plastik yang meningkat juga berarti meningkatnya jumlah sampah plastik. Pada tahun 1950-an, produksi plastik baru mencapai 1,5 juta ton per tahun, namun pada

tahun 2015, produksi plastik mencapai 322 juta ton per tahun. Menurut penelitian, sekitar 8,3 miliar ton sampah plastik telah dihasilkan sejak produksi plastik dimulai, dan hanya sekitar 9% dari sampah plastik tersebut yang berhasil didaur ulang.

Sampah plastik yang tidak dapat didaur ulang dan salah kelola akan mencemari lingkungan, baik di darat maupun di laut. Sampah plastik yang salah kelola dan terbang ke laut terkonsentrasi pada beberapa wilayah seperti di sebagian Laut Cina Selatan dan sebagian Samudera Atlantik menjadi masalah serius karena dapat membahayakan satwa laut yang ada di sana (Gambar 1.1). Satwa laut seperti penyu dan ikan sering kali memakan sampah plastik dan mengalami cedera atau bahkan kematian akibatnya. Selain itu, sampah plastik yang terbang ke laut juga dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem laut dan merusak lingkungan bahkan juga mengganggu ekonomi, kesehatan manusia, dan estetika (Chassignet *et al.*, 2021).



Gambar 1.1. Peta Konsentrasi Sampah Plastik Salah Kelola (dalam kg/km²) yang Menunjukkan Akumulasi Sampah Plastik Salah Kelola pada Tahun 2017 Hingga 2019 (Chassignet *et al.*, 2021)

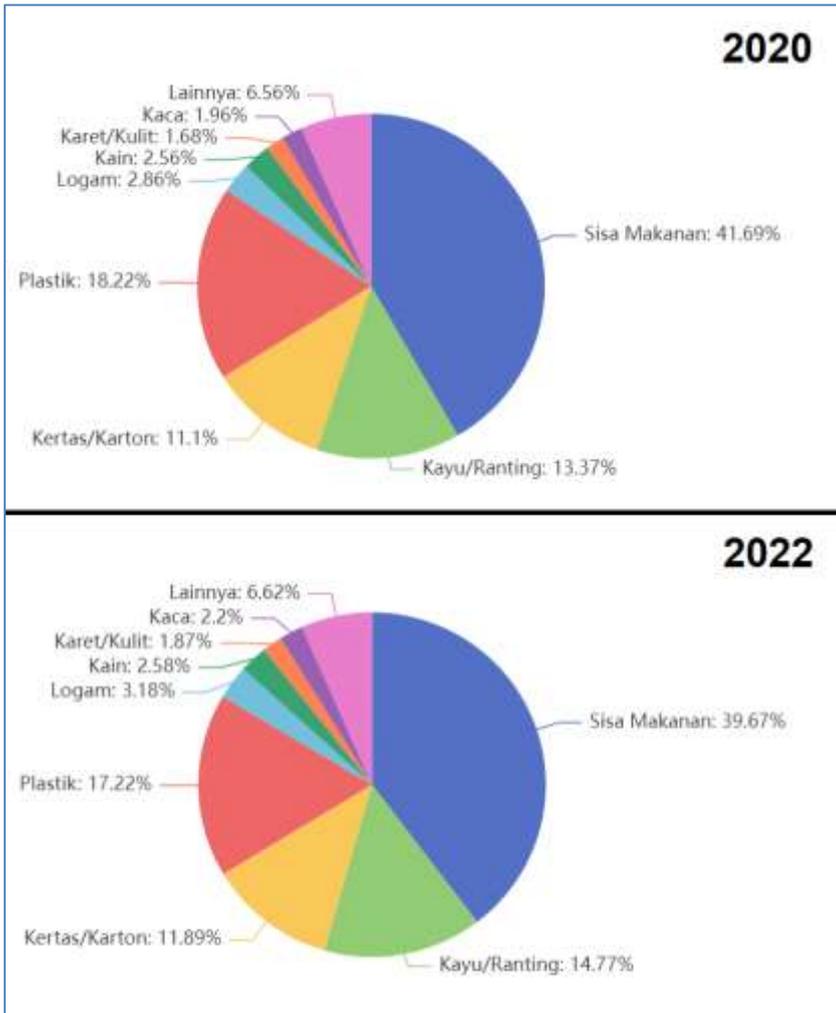
Sebenarnya permasalahan sampah plastik sudah meruncing sejak tahun 1980-an ketika negara-negara berkembang

mulai menghasilkan sampah plastik yang lebih banyak. Sampah plastik tidak hanya berasal dari produk-produk konsumen seperti kemasan makanan, tetapi juga dari industri seperti peralatan medis, peralatan elektronik, dan peralatan otomotif.

Pada tahun 1987, Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) mengadakan pertemuan internasional tentang lingkungan hidup yang dikenal sebagai Konferensi Montreal. Konferensi ini membahas masalah limbah dan menyepakati untuk melarang penggunaan bahan kimia tertentu yang dapat merusak lapisan ozon, seperti chlorofluorocarbons atau CFC yang sering digunakan dalam pendingin udara dan bahan busa. Selain itu, Konferensi Montreal juga menyepakati untuk mengurangi produksi dan penggunaan plastik yang sulit didaur ulang dan mengembangkan teknologi alternatif yang ramah lingkungan (Raubenheimer & McIlgorm, 2017). Para peserta juga berkomitmen untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak sampah plastik terhadap lingkungan dan pentingnya pengurangan produksi plastik.

PERMASALAHAN SAMPAH PLASTIK DI INDONESIA

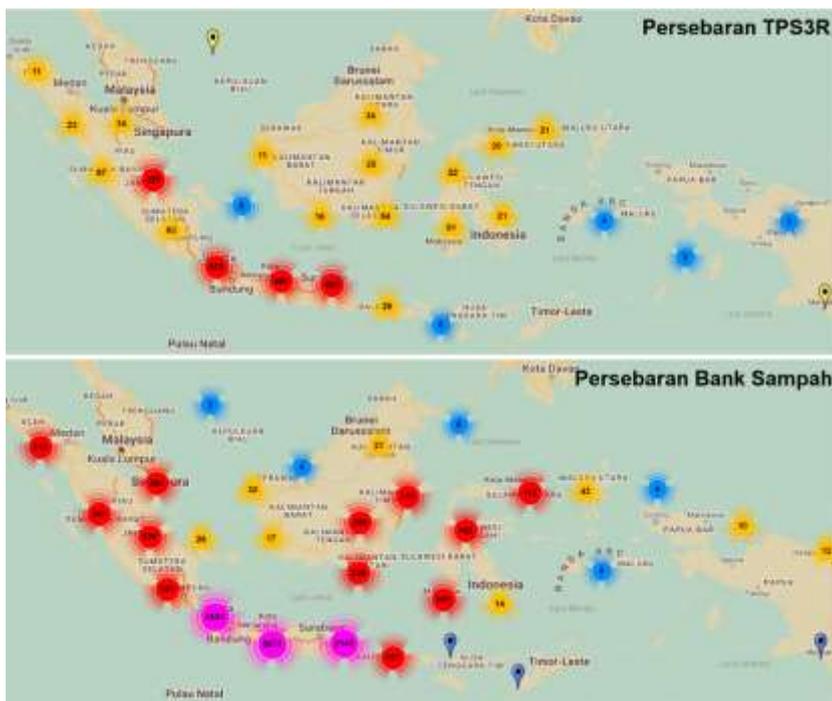
Sampah adalah salah satu masalah lingkungan yang besar di Indonesia. Dimana sebagian besar masyarakat masih kurang sadar akan pentingnya pengelolaan sampah yang baik dan benar. Hal ini menyebabkan produksi sampah sangat besar dan cenderung terus meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data SIPSN (Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional), jumlah timbulan sampah secara nasional pada tahun 2022 mencapai 19 juta ton (KLHK, 2022). Provinsi Jawa Tengah menjadi penyumbang timbulan sampah nasional terbesar dengan jumlah sekitar 4,2 juta ton, disusul DKI Jakarta dengan jumlah sekitar 3,1 juta ton. Berdasarkan komposisinya, pada tahun 2022 timbulan sampah didominasi oleh sampah sisa makanan dan plastik (Gambar 1.2). Hal ini juga berlaku untuk tahun 2020, dimana komposisi juga didominasi oleh sampah sisa makanan dan sampah plastik. Wajar jika Indonesia menjadi salah satu penyumbang terbesar sampah plastik ke laut (Yoni *et al.*, 2022; Meijer *et al.*, 2021).



Gambar 1.2. Komposisi Sampah di Indonesia pada Tahun 2020 dan 2022 (KLHK, 2022)

Masalah utama dari pengelolaan sampah di Indonesia adalah minimnya kesadaran masyarakat. Sebagian besar masyarakat masih membuang sampah sembarangan, bahkan di tempat-tempat yang tidak layak seperti sungai dan selokan. Selain itu, Indonesia masih memiliki banyak daerah yang kurang memiliki tempat pembuangan sampah yang memadai. Beberapa tempat

pembuangan sampah yang ada sering kali tidak memiliki fasilitas pengelolaan sampah yang baik, sehingga sampah plastik menumpuk dan menjadi sumber masalah lingkungan.



Gambar 1.3. Persebaran Jumlah TPS 3R (KLHK, 2022)

Indonesia juga masih memiliki keterbatasan infrastruktur dan kelembagaan pengolahan sampah yang memadai. Infrastruktur tersebut meliputi TPS-3R yang memiliki sistem pengolahan sampah dengan mesin pencacah sampah dan pengayak kompos yang lebih efektif dan efisien. Selain itu ada juga bank sampah yang menjadi pengumpulan sampah plastik dan sampah kering untuk dipilah serta memiliki manajemen layaknya perbankan. Baik TPS-3R dan bank sampah belum tersebar di seluruh wilayah di Indonesia, jumlahnya paling banyak masih berada di Pulau Jawa (Gambar 1.3). Pengolahan sampah tersebut yang masih sangat minim, terbatas dan distribusinya tidak merata,

sehingga sampah yang tidak terkelola akan menumpuk di tempat pembuangan sampah.

BENTUK PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK

Pengolahan sampah plastik secara konvensional merupakan salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut. Cara ini bisa disebut sebagai daur ulang plastik yang mana akan menghasilkan biji plastik (Okatama, 2016). Berikut adalah sepuluh bentuk pengolahan sampah plastik yang bisa dilakukan (Laila, 2018; Turmudi, 2018; Okatama, 2016).

1. Pengumpulan sampah plastik

Langkah pertama dalam pengolahan sampah plastik adalah pengumpulan sampah. Sampah plastik harus dikumpulkan dengan cara yang benar dan terpisah dari sampah organik atau sampah lainnya. Sampah plastik yang sudah terpisah ini akan mempermudah proses pengolahan selanjutnya.

2. Pemilahan sampah plastik

Setelah dikumpulkan, sampah plastik harus dipilah sesuai dengan jenisnya. Sampah plastik dapat dipilah menjadi beberapa jenis seperti PET, PE, PVC, dan lainnya. Pemilahan ini akan mempermudah proses pengolahan selanjutnya.

3. Penghancuran sampah plastik

Setelah dipilah, sampah plastik harus dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil. Penghancuran dapat dilakukan dengan menggunakan mesin penghancur sampah atau mesin shredder. Tujuannya adalah untuk memudahkan proses selanjutnya.

4. Pencucian sampah plastik

Setelah dihancurkan, sampah plastik harus dicuci untuk menghilangkan kotoran atau bahan-bahan kimia yang melekat. Pencucian dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pencuci atau dengan cara manual.

5. Pengeringan sampah plastik

Setelah dicuci, sampah plastik harus dikeringkan agar tidak mudah terkontaminasi oleh bakteri atau jamur. Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pengering atau dengan cara manual.

6. Penggilingan sampah plastik

Setelah dikeringkan, sampah plastik akan dihancurkan menjadi butiran-butiran kecil. Penggilingan ini dilakukan untuk mempermudah proses daur ulang selanjutnya.

7. Pembuatan biji plastik

Setelah dihancurkan dan digiling, sampah plastik akan diubah menjadi biji plastik. Biji plastik inilah yang nantinya akan digunakan kembali sebagai bahan baku pembuatan produk plastik baru.

8. Pemanfaatan sampah plastik

Selain dijadikan bahan baku pembuatan produk plastik baru, sampah plastik juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Sampah plastik dapat diolah menjadi bahan bakar diesel yang ramah lingkungan.

9. Daur ulang sampah plastik

Daur ulang adalah salah satu bentuk pengolahan sampah plastik yang paling populer. Sampah plastik yang sudah diolah menjadi biji plastik dapat digunakan kembali sebagai bahan baku pembuatan produk plastik baru.

10. Penggunaan teknologi canggih

Teknologi canggih seperti pirolisis dan gasifikasi dapat digunakan untuk mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif atau bahan kimia lainnya. Penggunaan teknologi ini membutuhkan investasi yang besar, namun dapat menjadi solusi untuk mengurangi masalah sampah plastik.

Meskipun pengolahan sampah plastik secara konvensional dapat mengurangi masalah sampah plastik, namun masih terdapat kendala dalam proses ini. Kendala tersebut meliputi biaya, luaran dan energi. Biaya menjadi salah satu kendala yang sering dihadapi dalam pengolahan sampah plastik. Tingginya biaya dikarenakan proses pemilahan, pencacahan, pencucian, pemurnian, dan pemrosesan ulang memerlukan peralatan dan teknologi yang cukup mahal. Selain itu, proses ini juga membutuhkan tenaga kerja yang cukup banyak. Hal ini membuat pengolahan sampah plastik secara konvensional menjadi kurang efisien dan kurang menarik bagi pengusaha.



Gambar 1.4. Jenis Plastik dan Penggunaannya (Plasteek, 2022)

Kendala lainnya adalah luaran atau terbatasnya jumlah plastik daur ulang yang dapat dihasilkan dari proses pengolahan sampah plastik secara konvensional. Proses ini hanya dapat mendaur ulang beberapa jenis plastik tertentu, seperti PET dan HDPE, sedangkan jenis plastik lainnya sulit didaur ulang atau bahkan tidak dapat didaur ulang sama sekali seperti polycarbonate

dan nylon (Gambar 1.4). Hal ini menyebabkan jumlah plastik daur ulang yang dihasilkan dari proses ini masih terbatas.

Kendala lainnya adalah energi yang digunakan. Selain energi proses pengolahan sampah plastik secara konvensional juga memerlukan banyak bahan kimia yang berbahaya. Proses pemurnian plastik daur ulang, misalnya, memerlukan pemanasan dan bahan kimia tertentu untuk menghilangkan kotoran dan bahan kimia berbahaya yang menempel pada plastik. Hal ini dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia jika tidak dilakukan dengan benar.

Diantara ketiga kendala tersebut, hal yang jauh lebih penting dari pengolahan sampah plastik secara konvensional adalah pengolahan sampah plastik secara konvensional bisa dikatakan tidak sepenuhnya dapat mengatasi masalah sampah plastik. Meskipun plastik telah didaur ulang, namun tetap saja masih terdapat plastik yang tidak dapat didaur ulang atau bahkan tidak terkumpul sama sekali. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya lain seperti pengurangan penggunaan plastik dan pengembangan teknologi pengolahan sampah yang lebih efisien untuk mengatasi masalah sampah plastik secara menyeluruh maupun teknologi pengolahan sampah yang lebih ramah lingkungan seperti menggunakan agen biodegradasi.

BIODEGRADASI SAMPAH PLASTIK

Biodegradasi plastik adalah proses penguraian plastik oleh makhluk hidup seperti bakteri, jamur, alga dan hewan menjadi bahan organik yang lebih sederhana seperti karbon dioksida, air, dan senyawa organik lainnya. Agen biodegradasi plastik adalah senyawa yang dapat mempercepat proses biodegradasi plastik. Agen ini dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk terurai secara alami menjadi bahan organik yang lebih sederhana seperti karbon dioksida, air, dan senyawa organik lainnya. Ada dua jenis agen biodegradasi plastik, yaitu agen biodegradasi konvensional dan agen biodegradasi oksidatif. Agen biodegradasi konvensional mencakup enzim, bakteri, dan jamur, sedangkan agen biodegradasi oksidatif mencakup oksidator

seperti oksigen dan ozon. Agen biodegradasi plastik bekerja dengan memecah ikatan kimia di dalam plastik menjadi bahan yang lebih sederhana melalui reaksi kimia atau biologi. Bahan yang dihasilkan kemudian dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme.

Penggunaan agen biodegradasi plastik memiliki beberapa kelebihan. Kelebihan yang utama adalah penggunaan agen biodegradasi plastik dapat membantu mengurangi jumlah limbah plastik yang terbuang dan mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh sampah plastik yang tidak terurai secara alami. Agen biodegradasi plastik juga dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik dari plastik. Namun dibalik kelebihannya, agen biodegradasi plastik memiliki keterbatasan. Keterbatasan tersebut termasuk jenis plastik yang dapat diuraikan, kecepatan dan efektivitas biodegradasi, serta kemampuan untuk menguraikan plastik dalam kondisi lingkungan yang berbeda. Agen biodegradasi akan lebih efektif dalam penguraian plastik jika plastik yang digunakan adalah plastik biodegradable. Plastik biodegradable dirancang untuk diuraikan secara alami melalui agen biodegradasi, sedangkan plastik konvensional tidak dirancang untuk diuraikan dan dapat mengambil waktu ratusan tahun untuk terurai secara alami.

Plastik biodegradable seperti polihidroksialkanoat (PHA) dan asam polilaktat (PLA) telah dianggap aman karena mereka terbuat dari bahan alami seperti jagung dan pati. Namun, jenis plastik biodegradable lainnya yang terbuat dari bahan sintetis atau yang menggunakan bahan tambahan kimia untuk meningkatkan kecepatan biodegradasi dapat mengandung bahan kimia yang berbahaya. Selain itu plastik biodegradable telah diiklankan sebagai salah satu solusi untuk masalah sampah plastik nyatanya tidak rusak selama pengomposan biasa. Plastik biodegradable dari PLA tetap berakhir di tempat pembuangan sampah dan bertahan lama sehingga tetap menjadi masalah (Sanders, 2021; DelRe *et al.*, 2021). Merespon hal tersebut, beberapa peneliti telah menemukan plastik biodegradable yang dapat terurai dengan lebih mudah, hanya dengan panas dan air dalam beberapa minggu (Gambar 1.5).

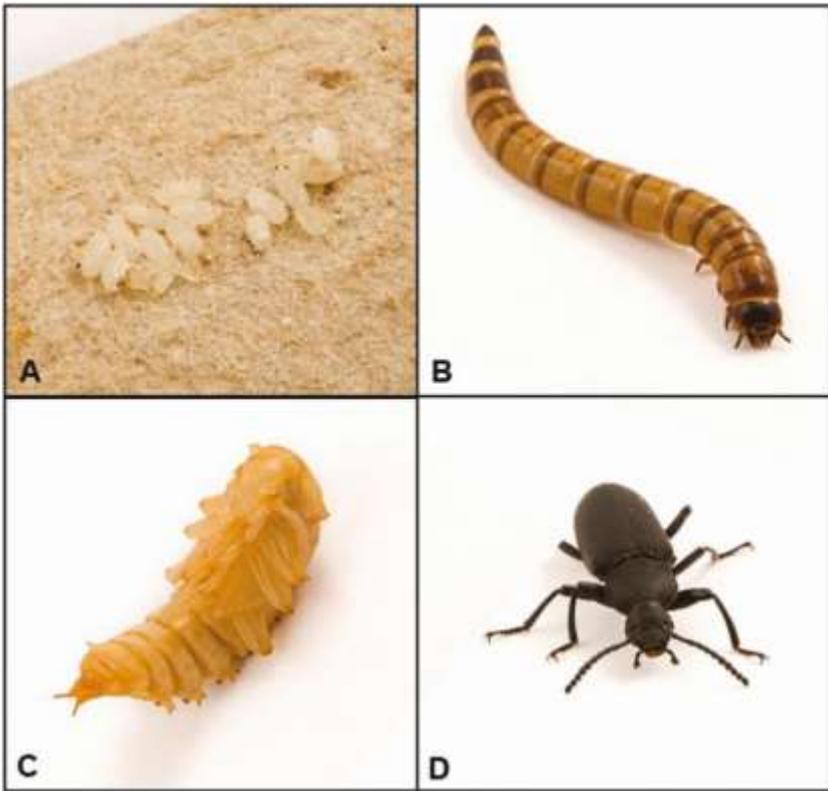


Gambar 1.5. Plastik yang Dimodifikasi (Kiri) Terurai Setelah Hanya Tiga Hari Dalam Kompos Standar (Kanan) dan Seluruhnya Setelah Dua Minggu (Sanders, 2021; DelRe *et al.*, 2021)

ULAT JERMAN

Ulat jerman (*Zophobas morio*) atau lebih dikenal dengan nama ulat tepung, adalah salah satu jenis ulat yang sering digunakan sebagai pakan ternak. Ulat jerman memiliki bentuk tubuh yang kecil, memanjang dan ramping, serta memiliki warna putih kekuningan. Meskipun memiliki nama jerman, ulat jerman sebenarnya berasal dari Amerika Utara dan menyebar ke seluruh dunia sebagai hama pada tanaman gandum.

Ulat jerman merupakan fase larva sebelum menjadi pupa kemudian menjadi serangga dewasa. Tahap awal adalah telur yang menetas menjadi larva yang dikenal sebagai ulat. Ulat kemudian melalui beberapa tahap pergantian kulit (molting) sebelum akhirnya membentuk kepompong untuk melindungi diri saat menjalani tahap pupa. Setelah beberapa minggu, serangga dewasa keluar dari kepompong dan siap untuk melakukan reproduksi (Rumbos & Athanassiou, 2021). Serangga dewasa ini disebut kumbang gelap atau *darkling beetle* (Gambar 1.6).



Gambar 1.6. Siklus Hidup Ulat Jerman dari Telur ke Kumbang Gelap: (A) Telur, (B) Ulat Jerman, (C) Pupa, and (D) Kumbang Gelap (Rumbos & Athanassiou, 2021)

Kumbang gelap memiliki tubuh yang terdiri dari tiga bagian utama: kepala, thorax, dan abdomen. Kepala ulat jerman memiliki antena yang digunakan untuk mencari makanan dan membantu dalam proses reproduksi. Thorax Kumbang gelap memiliki tiga pasang kaki dan dua pasang sayap yang tidak dapat digunakan untuk terbang. Abdomen Kumbang gelap memiliki segmen-segmen yang terdiri dari kutikula dan chitin yang memberikan perlindungan terhadap predator.

Ulat jerman memakan bahan organik, terutama tepung terigu atau jagung. Selama masa hidupnya, ulat jerman akan melalui beberapa tahap pertumbuhan dan mengalami pergantian

kulit sebanyak 4-5 kali. Pada tahap terakhir, ulat jerman akan membentuk kepompong dan kemudian menjadi serangga dewasa.

Meskipun sering dianggap sebagai hama pada tanaman gandum, ulat jerman sebenarnya memiliki banyak manfaat bagi manusia. Salah satu manfaat utamanya adalah sebagai pakan ternak. Ulat jerman sangat baik sebagai pakan untuk ikan, ayam, dan reptil karena mengandung banyak protein dan nutrisi lainnya. Selain itu, ulat jerman juga dapat digunakan sebagai pakan untuk hewan peliharaan seperti burung, hamster, dan kadal (Meha & Santoso, 2020). Selain sebagai pakan ternak, ulat jerman juga memiliki potensi sebagai sumber pangan manusia. Beberapa negara di Asia dan Amerika Selatan telah memanfaatkan ulat jerman sebagai bahan makanan yang kaya protein. Ulat jerman bisa diolah menjadi berbagai jenis makanan seperti sate, keripik, dan pasta.

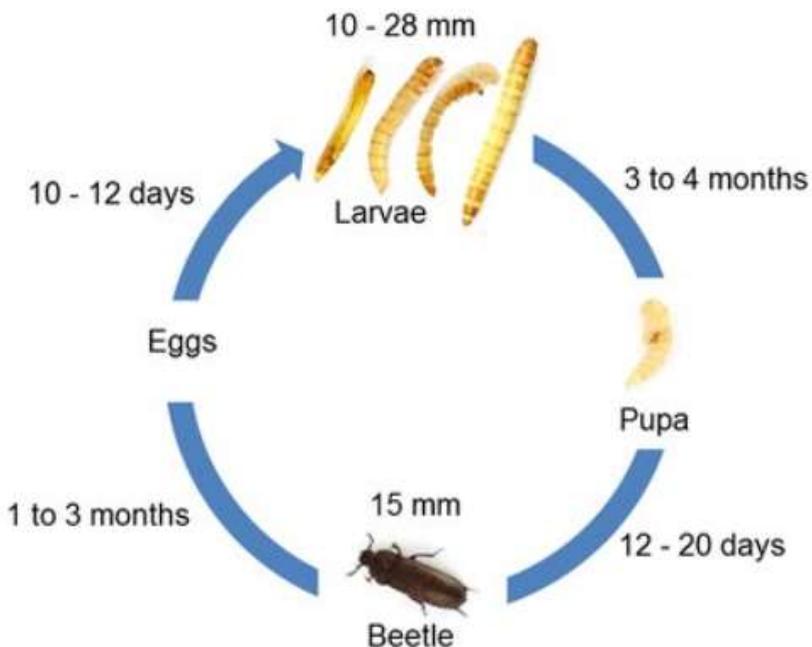
Namun, terdapat beberapa kekhawatiran terkait penggunaan ulat jerman sebagai sumber pangan manusia. Beberapa orang khawatir dengan kandungan nutrisi pada ulat jerman yang tidak diketahui dengan pasti, serta kemungkinan ulat jerman mengandung toksin atau bahan kimia berbahaya yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Selain itu, ulat jerman juga memiliki potensi sebagai bio-konversi untuk mengolah sampah organik. Ulat jerman dapat mengubah limbah organik seperti daun, kulit buah, dan sisa makanan menjadi pupa ulat yang dapat dijadikan pupuk organik. Dalam industri pertanian, ulat jerman telah digunakan sebagai sumber pupuk organik yang efektif dan ramah lingkungan. Namun, penggunaan ulat jerman sebagai biokonversi juga memiliki beberapa kelemahan. Ulat jerman membutuhkan kondisi lingkungan yang sesuai seperti suhu, kelembaban, dan sirkulasi udara yang baik untuk dapat bertahan hidup dan berkembang biak. Selain itu, ulat jerman juga dapat mengeluarkan bau yang kurang sedap jika tidak dikelola dengan baik.

Dalam pengelolaan sampah, Ulat jerman bisa digunakan sebagai agen degradasi sampah plastik. Studi terkait pemanfaatan Ulat Jerman sebagai agen biodegradasi sudah pernah dilakukan

oleh Yang *et al.* (2020) dan Peng *et al.* (2020), Bahkan Ulat Jerman juga digunakan sebagai agen biodegradasi *Polystyrene* atau stirofoam (Choi *et al.*, 2020).

ULAT HONGKONG

Ulat hongkong (*Tenebrio molitor*), juga dikenal dengan nama ulat kumbang tepung, adalah serangga yang sering digunakan sebagai pakan untuk hewan peliharaan seperti burung, reptil, dan mamalia kecil. Ulat ini memiliki siklus hidup yang menarik, dimulai dari telur hingga menjadi kumbang dewasa (Gambar 1.7).



Gambar 1.7. Siklus Hidup Ulat Hongkong (Ong *et al.*, 2018)

Ulat hongkong hidup di tempat yang gelap dan lembap seperti di dalam tanah, bawah kayu mati, atau dalam tempat yang terbuat dari bahan organik. Mereka makan berbagai jenis makanan seperti gandum, tepung roti, sayuran, dan buah-buahan yang membusuk. Ulat hongkong mengalami beberapa kali pergantian

kulit (*molting*) sebelum tumbuh menjadi ukuran penuh. Setelah mencapai ukuran penuh, ulat hongkong berhenti makan dan berubah menjadi pupa. Pupa ini berwarna putih dan berbentuk seperti kumbang yang belum berkembang. Selama 12 hingga 20 hari, pupa akan mengalami perkembangan dan berubah menjadi kumbang dewasa (Ong *et al.*, 2018).

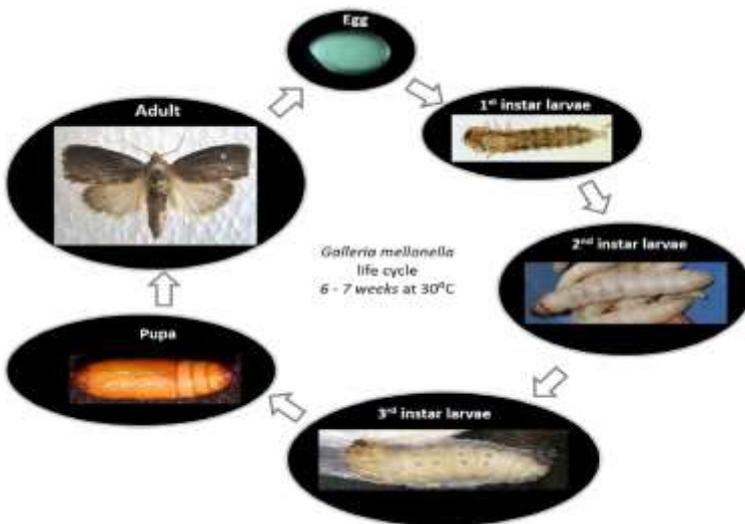
Ulat hongkong memiliki bentuk tubuh yang khas dengan panjang sekitar 2-3 cm. Tubuh ulat hongkong terdiri dari tiga bagian utama, yaitu kepala, thorax, dan abdomen. Kepala ulat memiliki dua antena pendek yang digunakan untuk mencari makanan dan merasakan lingkungan sekitarnya. Bagian mulutnya terdiri dari rahang yang kuat yang digunakan untuk mengunyah makanan. Thorax ulat terdiri dari tiga segmen, masing-masing dengan sepasang kaki. Kaki-kaki ini berguna untuk berjalan dan merayap. Ulat hongkong memiliki tiga pasang kaki dan setiap kaki memiliki cakar yang kuat untuk membantu mereka memanjat dan menempel pada permukaan yang halus. Abdomen ulat terdiri dari sepuluh segmen yang berisi organ-organ dalam seperti usus dan sistem reproduksi. Ulat hongkong juga memiliki bulu halus di seluruh tubuhnya yang berguna untuk menjaga suhu tubuh dan membantu mereka bergerak.

Ulat hongkong juga memiliki kemampuan regenerasi yang luar biasa. Mereka dapat meregenerasi anggota tubuh yang hilang seperti kaki atau antena dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini membuat ulat hongkong menjadi subjek penelitian yang menarik untuk dipelajari dalam bidang biologi. Selain itu, Ulat hongkong banyak dibudidaya untuk digunakan sebagai pakan ternak, makanan burung, ikan dan reptile (Astuti *et al.*, 2017). Dalam pengelolaan sampah, Ulat hongkong bisa digunakan sebagai agen degradasi sampah plastik. Studi terkait pemanfaatan Ulat hongkong sebagai agen biodegradasi sudah pernah dilakukan oleh Brandon *et al.* (2018) dan Xia *et al.* (2020), bahkan ulat hongkong juga digunakan sebagai agen biodegradasi Polystyrene atau stirofoam (Lou *et al.*, 2021).

ULAT LILIN BESAR

Ulat lilin besar (*Galleria mellonella*) adalah serangga yang memiliki peran penting dalam berbagai penelitian biologi dan medis. Ulat ini berasal dari keluarga Pyralidae dan merupakan serangga yang tergolong dalam ordo Lepidoptera, seperti kupu-kupu dan ngengat (Abidalla & Battaglia, 2018). Bentuk metamorfosis dari ulat *Galleria* adalah ngengat (Gambar 1.8).

Ulat lilin besar memiliki ukuran tubuh yang relatif besar dibandingkan dengan ulat lainnya, yaitu sekitar 20-30 mm. Warna tubuhnya beragam, mulai dari cokelat, krem, hingga putih. Ulat ini biasanya hidup di dalam tumpukan kayu dan memakan bahan organik seperti lilin, serbuk kayu, dan kotoran hewan. Seperti serangga lainnya, ulat lilin besar memiliki sistem pencernaan, pernapasan, sirkulasi, ekskresi, dan saraf yang unik dan penting untuk keberlangsungan hidupnya.



Gambar 1.8. Siklus Hidup *Galleria mellonella* (Abidalla & Battaglia, 2018)

Sistem pencernaan ulat *Galleria mellonella* terdiri dari mulut, faring, esofagus, perut, dan usus. Ulat ini memakan bahan organik seperti lilin, serbuk kayu, dan kotoran hewan. Pada mulutnya, terdapat gigi-gigi yang kuat untuk membantu memecah

makanan menjadi bagian yang lebih kecil sehingga mudah dicerna. Setelah makanan masuk ke dalam perut, enzim-enzim pencernaan akan dikeluarkan untuk membantu mencerna makanan menjadi nutrisi yang lebih sederhana.

Meskipun ulat lilin besar dianggap sebagai hama bagi peternakan lebah dan industri lilin, ulat ini memiliki peran penting dalam penelitian biologi dan medis. Ulat ini telah digunakan sebagai model hewan dalam penelitian karena memiliki beberapa karakteristik yang mirip dengan mamalia, seperti respons imun dan sistem pertahanan tubuh yang kompleks. Salah satu contoh penelitian yang menggunakan ulat lilin besar sebagai model hewan adalah penelitian mengenai peran antibiotik dalam melawan infeksi bakteri. Dalam penelitian ini, ulat tersebut diinfeksi dengan bakteri patogen dan kemudian diberikan antibiotik. Dari penelitian tersebut, didapatkan informasi mengenai efektivitas antibiotik terhadap bakteri patogen dan dosis yang optimal untuk memusnahkan bakteri tersebut.

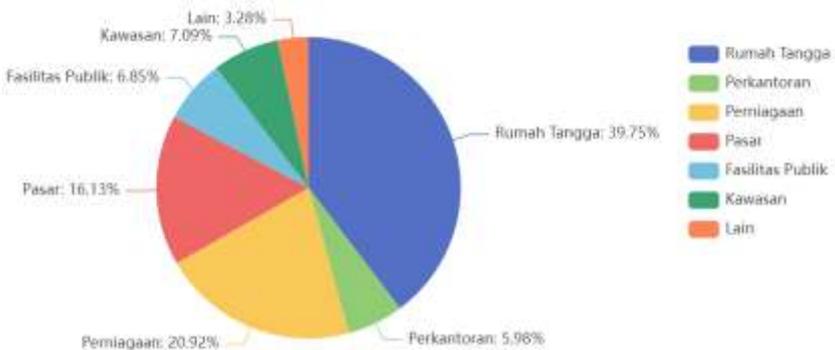
Ulat lilin besar juga digunakan dalam penelitian mengenai peran mikroorganisme dalam kesehatan dan penyakit manusia. Sebuah studi menunjukkan bahwa ulat tersebut dapat diinfeksi dengan bakteri yang menyebabkan penyakit pada manusia, seperti *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Dengan menggunakan ulat sebagai model hewan, peneliti dapat mempelajari lebih lanjut mengenai interaksi antara bakteri patogen dan sistem pertahanan tubuh.

Selain itu, ulat lilin besar juga digunakan dalam penelitian mengenai kanker. Dalam penelitian ini, ulat tersebut diinfeksi dengan sel kanker manusia dan kemudian diberikan obat-obatan kanker. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ulat tersebut dapat digunakan sebagai model hewan untuk pengujian obat-obatan kanker sebelum diujicobakan pada manusia. Keunikan ulat lilin besar sebagai model hewan dalam penelitian adalah kemampuannya dalam menghasilkan jumlah telur yang banyak dan cepat berkembang biak. Hal ini memungkinkan peneliti untuk melakukan eksperimen dengan mudah dan menghasilkan data yang cukup dalam waktu singkat. Dalam pengelolaan sampah, Ulat

Galleria bisa digunakan sebagai agen degradasi sampah plastik. Studi terkait pemanfaatan Ulat lilin besar sebagai agen biodegradasi sudah pernah dilakukan oleh Cassone *et al.* (2022) dan Zhu *et al.* (2021), bahkan Ulat lilin besar juga digunakan sebagai agen biodegradasi Polystyrene atau styrofoam (Lou *et al.*, 2020).

PEMANFAATAN LARVA DALAM PENGELOLAAN SAMPAH

Penggunaan mikroorganisme sebagai agen degradasi sampah plastik bisa menjadi solusi yang ramah lingkungan. Namun, biaya yang digunakan dalam pengelolaan sampah menggunakan agen biologis tersebut juga cukup tinggi, sehingga penggunaan larva bisa menjadi alternatif agen biologis lain yang dapat digunakan sebagai biodegradator dari sampah plastik (Putra *et al.*, 2021; Pathak *et al.*, 2017; Madan Mohan *et al.*, 2016). Penggunaan larva seperti ulat jerman, ulat hongkong dan ulat lilin besar dalam degradasi sampah plastik bisa dicoba di TPA atau di level masyarakat.



Gambar 1.9. Persentase Timbulan Sampah Pada Tahun 2022 Berdasarkan Sumbernya (KLHK, 2022)

Pemanfaatan larva di TPA sebagai agen biodegradasi sampah organik sudah banyak implementasi menggunakan BSF (*Black Soldier Fly*). Implementasi tersebut seperti di Kabupaten Lombok maupun Kabupaten Blora (Pemerintah Kabupaten Blora, 2019; Rancak *et al.*, 2017). Implementasi pengelolaan sampah

plastik menggunakan larva perlu diuji coba di TPA maupun di level masyarakat. Pengelolaan sampah di level masyarakat dirasa tepat sasaran mengingat sumber sampah mayoritas berasal dari rumah tangga (KLHK, 2022). Pada Gambar 1.9, terlihat bahwa sekitar 39% dari timbulan sampah di Indonesia berasal dari rumah tangga.



Gambar 1.10. (A) Pembuatan Kerajinan di Bank Sampah Mawar Biru, Kota Tegal, (B) Hasil Kerajinan dari Sampah Eceng Gondok

Pengelolaan sampah di level masyarakat juga disebut sebagai PSBM (Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat). PSBM adalah sistem penanganan sampah yang direncanakan, disusun, dioperasikan, dikelola dan dimiliki oleh masyarakat (Wahyono *et al.*, 2013). Singkatnya, aktor utama dalam pengelolaan sampah di PSBM adalah masyarakat sendiri, sedangkan pemerintah dan lembaga lainnya sebagai motivator dan fasilitator. Beberapa contoh dari PSBM adalah pengelolaan sampah 3R pada level RW di Kelurahan Larangan, Kota Cirebon (Puspitawati & Rahdriawan, 2012). Contoh lainnya adalah Bank Sampah seperti Bank Sampah Benteng Kreasi di Kabupaten Bogor yang merupakan salah satu Bank Sampah terbaik (Takbiran, 2020). Ada juga Bank Sampah Mawar Biru di Kota Tegal yang menjual produk olahan sampah seperti tas dan ecobrik (Pemerintah Jawa Tengah, 2019). Beberapa UMKM juga bisa berperan sebagai PSBM secara tak langsung. Contohnya adalah Komunitas Pengrajin Enceng Gondok di sekitar Danau Rawa Pening. Komunitas ini mengolah sampah eceng gondok yang banyak terdapat di perairan Rawa Pening menjadi kerajinan seperti tas, sandal, hiasan dinding dan lain-lain (Gambar

1.10). Bahan tambahan yang digunakan beberapa juga merupakan bahan daur ulang seperti kertas daur ulang, sehingga keberadaan mereka juga membantu pengurangan sampah di wilayah tersebut khususnya sampah eceng gondok.

PSBM juga mempunyai tantangan utama yaitu keberlanjutan program dan kegiatan. Ini dipengaruhi beberapa faktor seperti biaya, ketiadaan inisiator di masyarakat, belum adanya *sense of belonging* masyarakat dan macetnya siklus nilai (Purwanti, 2021; Suryatmaja *et al.*, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan kegiatan seperti sosialisasi dan pendampingan kepada masyarakat untuk meningkatkan keberlanjutan PSBM (Stephani *et al.*, 2022; Heriyanti *et al.*, 2022). Hal ini juga berlaku untuk mengimplementasi penggunaan larva dalam pengelolaan sampah di PSBM. Sosialisasi bisa dimulai dari pengenalan dan manfaat ulat jerman, ulat hongkong maupun ulat lilin dalam degradasi sampah plastik. Sosialisasi diharapkan mampu memberikan wawasan kepada masyarakat dan mengubah persepsi masyarakat terhadap ulat jerman, ulat hongkong maupun ulat lilin yang mungkin menggelikan bagi beberapa orang.

SIMPULAN

Pengelolaan sampah plastik dapat dilakukan seperti pembuatan biji plastik maupun penggunaan mikroorganisme yang lebih ramah lingkungan. Namun, biaya yang digunakan dalam pengelolaan sampah yaitu pembuatan biji plastik serta menggunakan agen biologis tersebut juga cukup tinggi. Penggunaan larva bisa menjadi solusi alternatif dalam degradasi sampah plastik. Larva tersebut seperti ulat jerman, ulat hongkong dan ulat lilin.

Penggunaan larva dalam pengelolaan sampah plastik dapat diimplementasikan di TPA maupun PSBM. Dimana jika memulai implementasi di PSBM maka diperlukan sosialisasi dahulu. Sosialisasi diharapkan dapat memberikan pengetahuan dan persepsi baru kepada masyarakat terkait larva.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kepada LPPM UNNES yang telah memberikan dana Penelitian Dasar tahun 2022 dengan Nomor 114.8.4/UN37/PPK.3.1/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidalla, M., & Battaglia, D., 2018. Observations of Embryonic Changes in Middle and Late Stages of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Advances in Entomology*, 6(03), pp.189.
- Astuti, F.K., Iskandar, A., & Fitasari, E., 2017. Peningkatan Produksi Ulat Hongkong di Peternak Rakyat Desa Patihan, Blitar Melalui Teknologi Modifikasi Ruang Menggunakan Exhaust dan Termometer Digital Otomatis. *JAPI (Jurnal Akses Pengabdian Indonesia)*, 2(1), pp.39-48.
- Brandon, A.M., Gao, S.H., Tian, R., Ning, D., Yang, S.S., Zhou, J., Wu, W.M., & Criddle, C.S., 2018. Biodegradation of Polyethylene and Plastic Mixtures in Mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor*) and Effects on the Gut Microbiome. *Environmental Science & Technology*, 52(11), pp.6526-6533.
- Cassone, B.J., Grove, H.C., Kurchaba, N., Geronimo, P., & LeMoine, C.M., 2022. Fat on Plastic: Metabolic Consequences of an LDPE Diet in the Fat Body of the Greater Wax Moth Larvae (*Galleria mellonella*). *Journal of Hazardous Materials*, 425, pp.127862.
- Chassignet, E.P., Xu, X., & Zavala-Romero, O., 2021. Tracking Marine Litter with a Global Ocean Model: Where Does It Go? Where Does It Come From?. *Frontiers in Marine Science*, 8, pp.667591.
- Choi, I.H., Lee, J.H., & Chung, T.H., 2020. Polystyrene Biodegradation Using *Zophobas morio*. *Journal of Entomological Research*, 44(3), pp.475-478.
- Chow, J., Perez-Garcia, P., Dierkes, R., & Streit, W.R., 2023. Microbial Enzymes Will Offer Limited Solutions to the Global Plastic Pollution Crisis. *Microbial Biotechnology*, 16(2), pp.195-217.
- DelRe, C., Jiang, Y., Kang, P., Kwon, J., Hall, A., Jayapurna, I., Ruan, Z., Ma, L., Zolkin, K., Li, T., Scown, C.D., Ritchie, R.O., Russell, T.P., & Xu, T., 2021. Near-Complete Depolymerization of Polyesters with Nano-Dispersed Enzymes. *Nature*, 592(7855), pp.558-563.

- Gilbert, M., 2017. Plastics Materials: Introduction and Historical Development. In *Brydson's Plastics Materials*, pp. 1-18. Butterworth-Heinemann.
- Heriyanti, A.P., Khusniati, M., Fariz, T.R., Tirtasari, N.L., Haris, A., & Jabbar, A., 2022. Pelatihan Pembuatan Kompos Menggunakan Metode Takakura Sebagai Solusi Penanganan Sampah di Kelurahan Jatirejo Kota Semarang. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(4), pp.1213-1218.
- Hiraga, K., Taniguchi, I., Yoshida, S., Kimura, Y., & Oda, K., 2019. Biodegradation of Waste PET: A Sustainable Solution for Dealing with Plastic Pollution. *EMBO Reports*, 20(11), pp.e49365.
- KLHK (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan), 2022. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*.
- Laila, N.S.A., 2018. Analisis Pengendalian Kualitas Produk Biji Plastik UD. Lestari. *Manajemen Bisnis*, 8(2).
- Lou, Y., Li, Y., Lu, B., Liu, Q., Yang, S. S., Liu, B., Ren, N., Wu, W.M., & Xing, D., 2021. Response of the Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Gut Microbiome to Diet Shifts During Polystyrene and Polyethylene Biodegradation. *Journal of Hazardous Materials*, 416, pp.126222.
- Lou, Y., Ekaterina, P., Yang, S.S., Lu, B., Liu, B., Ren, N., Corvini, P.F.X., & Xing, D., 2020. Biodegradation of Polyethylene and Polystyrene by Greater Wax Moth Larvae (*Galleria mellonella* L.) and the Effect of Co-Diet Supplementation on the Core Gut Microbiome. *Environmental Science & Technology*, 54(5), pp.2821-2831.
- Madan Mohan, N.T., Gowda, A., Jaiswal, A.K., Sharath Kumar, B.C., Shilpashree, P., Gangaboraiah, B., & Shamanna, M., 2016. Assessment of Efficacy, Safety, and Tolerability of 4-N-Butylresorcinol 0.3% Cream: An Indian Multicentric Study on Melasma. *Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology*, 2016, pp.21-27.
- Meha, D.M., & Santoso, P.E., 2020. Pemanfaatan Limbah Sayuran Pasar Pada Media Pakan Yang Berbeda Terhadap Performa Ulat Jerman Umur 15 Sampai 50 Hari. *Doctoral Dissertation*, Fakultas Pertanian Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Meijer, L.J., Van Emmerik, T., Van Der Ent, R., Schmidt, C., & Lebreton, L., 2021. More than 1000 Rivers Account for 80% of Global Riverine Plastic Emissions Into the Ocean. *Science Advances*, 7(18), pp.eaaz5803.

- Okatama, I., 2016. Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (Pet) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(3), pp.110.
- Ong, S.Y., Zainab-L, I., Pyary, S., & Sudesh, K., 2018. A Novel Biological Recovery Approach for PHA Employing Selective Digestion of Bacterial Biomass in Animals. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(5), pp.2117-2127.
- Pathak, V.M., 2017. Review on the Current Status of Polymer Degradation: A Microbial Approach. *Bioresources and Bioprocessing*, 4, pp.1-31.
- Pemerintah Kabupaten Blora., 2019. *DLH Terapkan Pengelolaan Sampah Dengan Metode BSF*.
- Pemerintah Jawa Tengah., 2019. *Bank Sampah Mawar Biru Masuk Nominasi Kalpataru*.
- Peng, B.Y., Li, Y., Fan, R., Chen, Z., Chen, J., Brandon, A.M., Criddle, C.S., Zhang, Y., & Wu, W.M., 2020. Biodegradation of Low-Density Polyethylene and Polystyrene in Superworms, Larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and Limited Extent Depolymerization. *Environmental Pollution*, 266, pp.115206.
- Plasteek., 2020. *Jenis – Jenis Plastik Yang Perlu Kalian Ketahui dan Tingkat Keamanan Penggunaannya*.
- Purwanti, I., 2021. Konsep Dan Implementasi Ekonomi Sirkular Dalam Program Bank Sampah Studi Kasus: Keberlanjutan Bank Sampah Tanjung. *AmaNU: Jurnal Manajemen dan Ekonomi*, 4(1), pp.89-98.
- Puspitawati, Y., & Rahdriawan, M., 2012. Kajian Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat dengan Konsep 3R (Reduce, Reuse, Recycle) di Kelurahan Larangan Kota Cirebon. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 8(4), pp.349-359.
- Putra, I.L.I., Setyawan, D., Wicaksana, R.Y.M., & Subagia, R.A., 2021. Pengolahan Sampah Anorganik Menggunakan Ulat Hongkong dan Ulat Jerman di Padukuhan Wuni, Giricahyo, Gunung Kidul. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan*, 3(1), pp.1229-1235.
- Ranncak, G.T., Alawiyah, T., & Hadi, T., 2017. Kajian Pengolahan Sampah Organik Dengan BSF (Black Soldier Fly) di TPA Kebon Kongok. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 4(2), pp.122-132.

- Raubenheimer, K., & McIlgorm, A., 2017. Is the Montreal Protocol a Model that Can Help Solve the Global Marine Plastic Debris Problem?. *Marine Policy*, 81, pp.322-329.
- Rumbos, C.I., & Athanassiou, C.G., 2021. The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): a 'Sleeping Giant' in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 21(2), pp.13.
- Sanders, R., 2021. New Process Makes 'Biodegradable' Plastics Truly Compostable.
- Stephani, S.B., Arief, H., & Sulistyowati, N., 2022. Pembentukan Dan Pendampingan Bank Sampah Menggunakan Sistem Manajemen Pendukung Keberlanjutan Di Meruya Selatan, Jakarta Barat. *Batara Wisnu: Indonesian Journal of Community Services*, 2(1), pp.97-104.
- Suryatmaja, I.B., Martiningsih, N.G.A.G.E., & Nada, I.M., 2017. Strategi Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat (Studi Kasus Di Bank Sampah Nuri Lestari Serasi). *Jurnal Bakti Saraswati (JBS): Media Publikasi Penelitian dan Penerapan Ipteks*, 6(2).
- Takbiran, H.H.T., 2020. Bank Sampah Sebagai Alternatif Strategi Pengelolaan Sampah Menuju Sentul City Zero Emission Waste Kabupaten Bogor. *IJEEM-Indonesian Journal of Environmental Education and Management*, 5(2), pp.165-172.
- Turmudi, M., 2018. Perspektif Ekonomi Islam pada Pengolahan Limbah Plastik (Studi pada Sistem Produksi di Ud. Wahyu Plastik). *Al-Izzah: Jurnal Hasil-Hasil Penelitian*, 12(2), pp.130-152.
- Wahyono, S., Sahwan, F.L., & Suryanto, F., 2012. Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat di Rawasari, Kelurahan Cempaka Putih Timur, Jakarta Pusat. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 13(1), pp.75-84.
- Xia, M., Wang, J., Huo, Y.X., & Yang, Y., 2020. Mixta *Tenebrionis* sp. nov., Isolated from the Gut of the Plastic-Eating Mealworm *Tenebrio molitor* L. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70(2), pp.790-796.
- Yang, Y., Wang, J., & Xia, M., 2020. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Superworms *Zophobas atratus*. *Science of the Total Environment*, 708, pp.135233.
- Yoni, N.N.N., Rizky, T.B., Fariz, T.R., & Heriyanti, A.P., 2022. Preferensi Mahasiswa FMIPA UNNES Ketika Menggunakan Kantong Belanja. *Proceeding Seminar Nasional IPA*, pp. 49-57.

Zhu, P., Pan, X., Li, X., Liu, X., Liu, Q., Zhou, J., Dai, X., & Qian, G., 2021. Biodegradation of Plastics from Waste Electrical and Electronic Equipment by Greater Wax Moth Larvae (*Galleria mellonella*). *Journal of Cleaner Production*, 310, pp.127346.

BAB II. APLIKASI MASKER GEL DARI EKSTRAK BELIMBING WULUH DAN LIDAH BUAYA PADA KULIT BERJERAWAT

Adhi Kusumastuti¹ dan Arum Dani Nawang Sasi²

¹Program Studi Pendidikan Tata Busana FT, Universitas Negeri Semarang

²Program Studi Pendidikan Tata Kecantikan FT, Universitas Negeri Semarang

adhi_kusumastuti@mail.unnes.ac.id;

arumdani.ns@students.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.148>

ABSTRAK

Kesehatan kulit merupakan aspek penting dari estetika. Metode dan bahan baru telah dikembangkan oleh dermatologis dan ilmuwan untuk memenuhi tujuan tersebut. Kosmetik wajah menjaga kelembapan kulit dan menghilangkan sebum dari kulit untuk menjaga kesehatan kulit. Penggunaan kosmetik yang sesuai dengan jenis kulit wajah akan menghasilkan kulit yang sehat. Upaya wanita untuk menjaga penampilan kulit wajah tetap sehat sangat beragam mulai dari melakukan perawatan di klinik kecantikan maupun dengan membeli produk skin care. Namun demikian, banyak wanita yang tidak memperhatikan jenis kulit yang dimiliki sehingga perawatannya kurang tepat. Selain itu, tidak sedikit yang mengalami kelainan kulit setelah menggunakan produk yang tidak sesuai dengan jenis kulit, salah satunya timbul masalah kulit yaitu jerawat. Masker wajah merupakan salah satu produk kosmetik yang paling umum digunakan untuk peremajaan kulit. Masker wajah dibagi menjadi empat kelompok, yaitu (a) masker lembaran; (b) masker kelupas; (c) masker bilas; dan (d) hidrogel. Masing-masing memiliki beberapa keunggulan untuk jenis kulit tertentu berdasarkan bahan yang digunakan. Penelitian ini dilakukan melalui metode *pre-experimental design* dengan rancangan *one group pretest* dan *posttest*. Pengumpulan data pada

bulan Juni 2022 di Sekaran, Kec. Gunung Pati, Kota Semarang. Sebanyak 15 orang dengan usia 18-25 tahun yang memiliki kelainan kulit berjerawat digunakan sebagai subjek penelitian. Hasil uji klinis 3 panelis ahli dengan berbagai indikator dengan hasil rata-rata posttest sebesar 84,72%. Hasil uji klinis 3 panelis ahli dengan berbagai indikator dengan hasil rata-rata posttest sebesar 84,72% dan kriteria pengurangan jerawat signifikan dan kualitas produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dinyatakan sangat sesuai berdasarkan hasil uji pH yang dilakukan.

Kata kunci : Masker, Jerawat, Belimbing Wuluh, Lidah Buaya

PENDAHULUAN

Penampilan wajah merupakan hal yang sangat diperhatikan oleh semua orang khususnya wanita. Upaya wanita untuk membuat penampilan kulit wajah menjadi sehat sangat beragam mulai dari melakukan perawatan di klinik kecantikan atau dengan membeli produk *skin care*. Namun demikian banyak wanita yang tidak memperhatikan jenis kulit yang dimiliki. Tanpa pengetahuan yang cukup bahkan hanya bermodal informasi dari sosial media, wanita membeli produk *skin care* yang tidak sesuai dengan jenis kulit yang mereka miliki. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya kelainan kulit, salah satunya yaitu jerawat.

Kulit merupakan organ terbesar dan berfungsi sebagai penghalang masuknya mikroba ke dalam tubuh. Dengan demikian, kesehatan kulit merupakan aspek penting dari kesehatan pribadi. Selain itu, Kesehatan kulit menimbulkan efek psikososial pada orang dan komunikasi (Yu *et al.*, 2016). Sampai saat ini belum ada klasifikasi standar jenis kulit wajah. Pada tahun 1900-an, Helena Rubinstein mengklasifikasikan kulit menjadi empat jenis dasar, dan informasi ini telah digunakan selama bertahun-tahun oleh industri kosmetik. Nampaknya, karena perkembangan di bidang produk kosmetik, sebutan tradisional untuk jenis kulit yang hanya berdasarkan sebagian kecil kulit menjadi tidak sesuai. Selanjutnya, Baumann (2008) memperkenalkan pendekatan inovatif untuk

mengklasifikasikan kulit menjadi 16 jenis yang lebih fungsional dan mengkategorikan jenis kulit wajah berdasarkan beberapa fitur seperti kering atau berminyak, sensitif atau resisten, berpigmen atau tidak berpigmen, dan berkerut atau tidak berkerut.

Selama masa hidup, jenis kulit dapat bervariasi tergantung pada variasi sekresi sebum (Fan *et al.*, 2018). Sekresi sebum tidak seragam di seluruh area wajah. Area pengukuran sebum meliputi dahi, hidung, kedua pipi, dan dagu. Sekresi sebum kulit normal rata-rata untuk seluruh wajah adalah 118,7-180,9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, dan tingkat keasaman 5,6-6 karena adanya asam dalam sebum, keringat, dan keratin yang dikeluarkan. Sekresi sebum rata-rata untuk kulit kering, berminyak, dan kombinasi masing-masing adalah 97,3-147,6, 204,6-235,4, dan 109,8-145,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (Choi *et al.*, 2013, Kim *et al.*, 2006). Bahan kosmetik kulit diformulasikan sesuai dengan jenis kulit. Untuk menghasilkan kulit yang sehat, kosmetik harus dapat melembabkan kulit serta menghapus sebum dan kontaminan (Youn *et al.*, 2002, Youn, 2017).

Kandungan air dalam kulit (keadaan hidrasi stratum korneum) memainkan peran penting dalam kesehatan kulit, estetika, dan *glow* (Laguens *et al.*, 2010). Kehalusan kulit dapat dipengaruhi oleh paparan ultraviolet (UV) (kerusakan akibat sinar matahari), penuaan, dehidrasi, stres, obat-obatan, dan rezim jenis. Produk kosmetik harus bersifat *nonacnegenic*, *noncomedogenic*, dan *hypoallergenic* agar memiliki pengaruh yang efektif pada kulit (Liu *et al.*, 2014). Masker wajah merupakan komoditi yang mudah diakses, mudah diaplikasikan, dan memberikan efek instan pada kulit. Bahan bioaktif dengan mekanisme berbeda ditambahkan ke dalam masker untuk memberikan sifat peremajaan, termasuk pelembab, pengelupasan kulit, bahan pencerah dan herbal, berbagai jenis vitamin, protein, mineral, faktor pertumbuhan (GF), dan bahan lain seperti madu dan koenzim. Masker yang digunakan diharapkan dapat melembabkan kulit dengan baik dan mendalam, menghilangkan sebum, dan meremajakan kulit. Masker kulit biasanya memiliki sifat pseudoplastik untuk aplikasi praktis. Masker tersedia dalam berbagai bentuk seperti gel, emulsi, lembaran, dan pasta.

Jerawat merupakan peradangan terjadi pada bagian kulit wajah yang muncul karena kelenjar minyak memproduksi sebum secara berlebihan sehingga saluran kelenjar minyak terjadi penyumbatan kemudian terbentuk komedo (*whiteheads*) serta seborrhoea. Apabila sumbatan membesar, komedo terbuka (*blackheads*) akan muncul kemudian berinteraksi dengan bakteri *Propionibacterium acnes*, *Staphylococcus epidermidis* dan *Staphylococcus aureus* yang dapat menimbulkan jerawat (Noviani *et al.*, 2017).

Persentase orang yang menderita kelainan jerawat pada usia 12-25 tahun adalah 85% (Vipin *et al.*, 2016). Menurut catatan kelompok studi dermatologi pada tahun 2015, penderita acne vulgaris di Indonesia menempati posisi ketiga terbanyak dari seluruh penyakit di departemen ilmu kesehatan kulit dan kelamin di rumah sakit atau klinik kulit. Dilaporkan bahwa 77 dari 210 responden mengalami kelainan kulit berupa jerawat, kelainan jerawat terjadi pada remaja dan jumlah persentase wanita yang menderita jerawat lebih tinggi sebanyak 63,9% dibandingkan pria yang hanya sebesar 36,4%.

Pada ekstrak buah belimbing wuluh terdapat kandungan senyawa tanin, saponin, triterpenoid dan flavonoid yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat. Ekstrak belimbing wuluh dapat mengatasi masalah jerawat vulgaris karena di dalamnya memiliki kemampuan sebagai antimikrobal (Saputra and Anggraini, 2016). Antibakteri yang terdapat pada ekstrak belimbing wuluh dapat mengatasi jerawat, ekstrak belimbing wuluh digunakan sebagai bahan sediaan kosmetik seperti face toner, serum, ampoule, face mask. Ekstrak belimbing wuluh mengandung antibakteri yang dapat mengatasi jerawat (Arifuddin and Dewi, 2018). Sifat antibiotik, antiseptik, dan antibakteri yang dimiliki daun lidah buaya bermanfaat untuk perawatan wajah khususnya kulit yang berjerawat. Daun lidah buaya segar mempunyai sifat antibiotik, antiseptik, anti bakteri. Jerawat dapat diobati dengan memberikan antibiotik seperti eritromisin, klindamisin, tetrasiklin namun bahan tersebut memiliki risiko resistensi pada tubuh dan dapat menyebabkan

iritasi kulit (Basuki *et al.*, 2021) untuk mengurangi risiko tersebut diperlukan alternatif yang lain seperti penggunaan bahan alami seperti lidah buaya yang memiliki 12 jenis antrakuinon yang berguna sebagai antibakteri dan antivirus.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui efektivitas masker gel sebagai salah satu sediaan kosmetik perawatan wajah yang berguna sebagai mengurangi jerawat pada wajah dan mengangkat bahan-bahan alami yaitu buah belimbing wuluh dan lidah buaya sebagai bahan utama yang akan diambil ekstrak kemudian akan dicampur pada sediaan masker gel yang aman untuk jenis kulit berjerawat. Produk masker gel pada penelitian ini merupakan jenis kosmetik semi tradisional yang memiliki keunggulan seperti baik digunakan pada semua jenis kulit dan minim efek samping dikarenakan formula yang digunakan adalah bahan alami dan diberi bahan pengawet supaya tahan lama serta pengolahan dilakukan dengan cara modern.

TEORI

Penelitian yang dilakukan Rahmasari & Puspitorini (2020) bertujuan untuk menjelaskan manfaat masker dari belimbing wuluh dan minyak zaitun untuk perawatan wajah. Pada penelitian menggunakan metode penelitian kepustakaan dan teknik analisis data deskriptif. Hasil penelitian menyebutkan bahwa pemanfaatan belimbing wuluh dan minyak zaitun sebagai masker sangat efektif untuk perawatan pada wajah karena bahan yang digunakan mengandung antioksidan yang tinggi yang dapat menetralkan kulit dari efek buruk radikal bebas. Kesimpulan pada penelitian ini adalah bahwa buah belimbing wuluh dan minyak zaitun baik untuk perawatan wajah.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Noviani (2017) memiliki tujuan penelitian menguji daya hambat bakteri *Propionibacterium acnes* yang ada pada masker gel peel-off ekstrak belimbing wuluh. Metode yang digunakan dalam eksperimen ini adalah uji antibakteri dengan teknik cakram (difusi). Hasil penelitian bahwa masker ekstrak buah belimbing wuluh memiliki kandungan antibakteri terhadap *Propionibacterium*

acnes yang dapat mengatasi masalah kulit jerawat. Berdasarkan penelitian ini diketahui bahwa ekstrak belimbing wuluh memiliki antibakteri terhadap jerawat sehingga dapat mengatasi jerawat pada wajah.

Menurut penelitian yang dilakukan Orafidiya (2004) tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui efek gel lidah buaya pada sifat anti jerawat. Hasil penelitian yaitu produk yang tidak diencerkan dan diformulasikan dengan gel lidah buaya aktif mengatasi inflamasi pada kulit berjerawat. Berdasar penelitian ini, dapat diketahui bahwa di dalam gel lidah buaya terdapat sifat antijerawat yang dapat mengatasi dan menenangkan jerawat yang meradang.

Belimbing wuluh salah satu spesies dalam keluarga belimbing (*Averrhoa*). Tanaman ini secara fisiologi umum merupakan pohon kecil dengan memiliki diameter batang yang tidak begitu besar yaitu kurang lebih 30 cm. Warna buah ketika muda berwarna hijau muda dan berwarna kuning ketika matang. Buah ini memiliki daging yang berair dan memiliki cita rasa asam Lisnawati and Prayoga (2020). Belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi L.*) merupakan tanaman yang dapat dibudidayakan secara khusus di Indonesia. Belimbing wuluh memiliki kandungan kimia yaitu alkaloid, saponin, dan flavonoid. Ekstrak buah belimbing wuluh berpotensi sebagai antibakteri dan juga memiliki aktivitas sebagai antioksidan yang baik untuk kulit berjerawat. Karena belimbing wuluh juga sudah sering digunakan sebagai sediaan salep untuk mengobati kelainan kulit seperti bisul, selulitis, dan urticaria (Lisnawati and Prayoga, 2020).

Lidah buaya merupakan salah satu tanaman obat yang kerap digunakan dalam industri farmasi, terutama untuk sediaan kosmetik dan farmasi. Lidah buaya digunakan sebagai bahan baku kosmetik karena adanya bahan aktif yang mempunyai khasiat farmakologis. Upaya pengolahan daun lidah buaya karena adanya dorongan dari sifat lidah buaya yang mudah rusak, hal ini dilakukan untuk mempertahankan kandungan zat aktif dan kimia dalam gel lidah buaya selain itu untuk menambah nilai jual daripada daun lidah buaya. Di dalam lidah buaya terkandung

manfaat sebagai perawatan kulit yaitu untuk menstimulasi pembentukan jaringan epidermis kulit dan membantu proses regenerasi sel kulit. Diketahui kandungan lidah buaya yang bermanfaat bagi kulit (Ningsih and Ambarwati, 2021).

Kulit wajah merupakan hal penting bagi setiap manusia. Setiap orang ingin memiliki kulit yang sehat, banyak orang berusaha untuk membuat kulitnya terlihat sempurna dan tidak sedikit yang mengeluarkan biaya mahal seperti perawatan dokter supaya mendapatkan kondisi kulit yang diinginkan. Kulit yang diidamkan setiap orang pada zaman ini yaitu kulit yang tampak sehat, glowing, dan berseri tanpa memiliki kelainan seperti jerawat, komedo ataupun kulit mengelupas karena kulit kering. Jerawat merupakan peradangan pada kulit wajah yang terjadi karena kelenjar minyak memproduksi sebum secara berlebihan sehingga pada saluran kelenjar minyak terjadi penyumbatan dan komedo (*whiteheads*) serta seborrhoea terbentuk. Apabila sumbatan membesar, komedo terbuka (*blackheads*) akan muncul dan berinteraksi dengan bakteri *Propionibacterium acnes* yang merupakan jenis terbanyak, *Staphylococcus epidermidis* dan *Staphylococcus aureus* sehingga timbul jerawat. Jerawat biasanya terdapat di wajah, leher, dan lengan (Achmad *et al.*, 2021).

Kulit berjerawat merupakan salah satu permasalahan kulit banyak ditemukan di Indonesia, kebanyakan kelainan kulit berjerawat terjadi dikalangan remaja, hal ini disebabkan karena berbagai faktor salah satu paparan polusi dan debu yang dapat menyumbat pori-pori wajah, selain itu cara membersihkan wajah yang salah dapat menyebabkan kotoran pada wajah menumpuk dan jika dibiarkan akan meradang lalu terbentuk jerawat, masih banyak lagi faktor penyebab jerawat. Maka dari itu perawatan diperlukan salah satunya penggunaan masker secara berkala. Salah satu masker yang dapat digunakan sehari-hari adalah masker gel atau sering dikenal sebagai sleeping mask. Pentingnya memanfaatkan belimbing wuluh dan lidah buaya menjadi latar belakang pembuatan masker gel agar penggunaan bahan kimia berbahaya yang dapat merusak kulit wajah dapat dikurangi. Terkait hal di atas karena kurangnya pemanfaatan belimbing

wuluh sebagai sediaan kosmetik di masyarakat penulis terdorong untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya di bidang kecantikan, yaitu berupa masker gel, pemilihan jenis masker yang berupa gel dikarenakan gel adalah sediaan yang mudah diaplikasikan pada kulit wajah dibandingkan dengan bentuk lainnya, selain itu sediaan gel mudah dibersihkan dari permukaan kulit sehingga baik digunakan pada kulit berjerawat serta ringan pada kulit. Perpaduan antara ekstrak belimbing dan lidah buaya baik untuk kulit berjerawat karena keduanya mengandung antioksidan dan antibakteri yang mampu mengurangi masalah jerawat pada wajah selain itu lidah buaya mempunyai manfaat untuk menenangkan kulit pada jerawat yang meradang.

Masker lembar merupakan jenis masker yang awal dan umum tersedia dibandingkan jenis lainnya. Dari studi terbaru yang dilakukan oleh grup National Purchase Diary Panel Inc. di Amerika Serikat, penjualan masker meningkat sekitar 60%, mengalahkan kategori lain dalam bisnis perawatan kulit. Perhatian terpenting tentang masker lembar adalah perbedaan pewangi dan pewarna buatan, paraben, dan estertereftalat yang digunakan dapat berbahaya bagi kulit. Diyakini bahwa masker lembaran seringkali tidak dirancang untuk kulit berminyak atau kulit berjerawat karena peningkatan jumlah bakteri di permukaan kulit. Selain itu, masker lembaran dapat mencegah penguapan cepat fase air dan memperpanjang waktu yang dibutuhkan bahan untuk menembus jauh ke dalam kulit. Tergantung mereknya, masker lembaran bisa mengandung berbagai bahan yang umum digunakan, seperti Aloe Vera dan vitamin C, hingga yang lebih tidak biasa seperti mutiara, ekstrak siput, dan rumput laut. Berbagai jenis masker lembaran dapat dikategorikan berdasarkan variasi jenis bahannya. Sepertinya jenis masker tekstur kasar adalah yang paling murah dan canggih, diproduksi melalui proses bioteknologi. Masker pulp dengan tekstur lebih halus, masker hidrogel, masker bio-selulosa, masker lembaran foil, masker katun rajut, masker lembaran ampul, dan masker lembaran bergelembung (biasanya terbuat dari arang dan bahan detoksifikasi dengan tambahan air soda) adalah

berbagai jenis sheet mask. Di sisi lain, akhir-akhir ini penggunaan masker buatan sendiri meningkat karena beberapa alasan seperti mahalnya harga masker profesional dan keinginan masyarakat untuk menggunakan sumber daya alam, tetapi efektivitas jangka panjang, ketersediaan resep yang berbeda, dan nonklasifikasi penggunaan bahan mengenai kesesuaian untuk berbagai jenis kulit telah menghasilkan pasar untuk produk industri. Bahan masker lembaran membuatnya berbeda dalam bentuk dan struktur.

Masker yang dapat dibilas terdiri dari beberapa jenis, seperti pelembab, pembersih, toning, pengelupasan kulit, lilin, dan masker lumpur. Masker lilin biasanya digunakan untuk kulit kering untuk mengatur tingkat hidrasi epidermal dan membatasi kehilangan air transepidermal. Keseimbangan kadar air antara stratum korneum dan lipid permukaan kulit merupakan faktor penting dalam penampilan kulit. Formulasi polih herbal sangat menjanjikan dalam hal ini karena kemampuannya mempertahankan kelembapan dan sumber organik alami. Bahan sintesis juga digunakan dalam pelembab, tetapi memiliki beberapa kelemahan. Misalnya, propilen glikol yang digunakan sebagai humektan dapat menyebabkan reaksi alergi, gatal-gatal, dan eksim. Petrolatum digunakan sebagai agen emolien dan oklusif dapat menyebabkan kekeringan dan efek samping pemotongan. Paraben memiliki sifat antimikroba, namun dapat menyebabkan reaksi alergi dan ruam kulit. Diethanolamine digunakan sebagai pengemulsi tetapi mengiritasi kulit; diazolidinyl urea, imidazolidinyl urea, dan benzalkonium klorida digunakan sebagai pengawet, tetapi efek sampingnya adalah dermatitis kontak. Pelembab herbal terdiri dari lesitin kedelai, gliserin, dan Aloe vera (mengandung barbaloin, aloe-emodin, aloesin, asam amino, enzim, vitamin) sebagai humektan; tiga air suling, *Triticum sativum*, dan *Trigonella foenum graecum* sebagai agen emolien/oklusif; *Cucumis sativus* (mengandung silika, vitamin C, asam folat) sebagai perekat/ emolien; Akasia sebagai pengemulsi; *Azadirachta indica* (Neem) sebagai pengawet; *Santalum alba* (minyak cendana) untuk wewangian; dan air mawar untuk efek pendinginan/aroma (Kapoor and Saraf, 2010). Masker herbal adalah jenis masker bilas

yang tidak menyebabkan alergi dan tidak beracun. Grace *et al.* (2014) mensintesis masker herbal menggunakan *Cajanus cajan*, kacang hijau, cendana, almond, kunyit, kelopak mawar, dan daun teh hijau yang meningkatkan sirkulasi darah, meremajakan kulit, dan mengembalikan elastisitas kulit.

Beberapa bahan seperti tanah liat, yang sering digunakan dalam sediaan kosmetik, tidak dapat diterapkan dengan baik dan praktis; dengan demikian, bahan tersebut dikunci pada substrat agar dapat digunakan dengan mudah. Jenis masker ini membentuk lapisan tipis pada kulit yang mudah terkelupas. Sebagian besar masker peel-off berbahan dasar polivinil alkohol (PVA) atau polivinil asetat (PVAc), yang menyebabkan oklusi dan efek tensor (Velasco *et al.*, 2014). Berbagai bahan seperti sabun herbal, pelembab, plasticizer, pewangi, dan pengawet dapat dimasukkan ke dalam masker. Berbagai formulasi digunakan untuk masker, tetapi umumnya penerapannya dikendalikan oleh zat pengering, seperti alkohol, dan konsentrasi matriks. Alkohol, karena tekanan uapnya yang lebih rendah daripada air, sering digunakan sebagai zat pengering yang mengontrol waktu aplikasi. Semakin tinggi konsentrasi alkohol semakin sedikit waktu pengeringan yang dibutuhkan. Konsentrasi matriks menentukan viskositas, pembentukan film, dan ketebalan aplikasi. Konsentrasi ini harus dioptimalkan untuk menyiapkan masker yang sesuai untuk aplikasi (O'reilly Beringhs *et al.*, 2013, Ngoenkratok *et al.*, 2015).

Waktu aplikasi tergantung pada bahan masker. Berbagai herbal telah digunakan dalam masker untuk tujuan yang berbeda, seperti apel yang digunakan sebagai antioksidan, kenari sebagai emolien, kulit jeruk sebagai astringen dan toner, mentimun sebagai agen penenang, dan bit sebagai agen pengurang jerawat (Grace *et al.*, 2015).

Masker untuk pengobatan acne vulgaris disintesis berbahan dasar tretinoin (obat jerawat) dengan gliserin sebagai humektan (meningkatkan hidrasi kulit) dan natrium metabisulfit sebagai antioksidan dalam matriks PVA. Beringhs *et al.* (2013) menggunakan tanah liat hijau dan Aloe vera dalam matriks PVA

sebagai masker pengelupas yang menunjukkan fitur antimikroba. Tanah liat hijau memiliki penggunaan dermatologis dan menghilangkan kotoran, sel kulit mati, dan minyak. Berbagai jenis lempung memiliki penggunaan kosmetik seperti smectite, illite, kaolinite, dan chrolite (Pura *et al.*, 2014). Aloe vera memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi dan juga mensterilkan area aplikasi dan memiliki efek sinergis dengan tanah liat (Pura *et al.*, 2014).

Dilaporkan bahwa kitosan memiliki sifat filmogenik. Berat molekulnya menentukan laju penguapan, fleksibilitas, dan stabilitas masker. Turunan kitosan seperti suksinil kitosan memiliki kapasitas retensi air yang tinggi sehingga cocok untuk aplikasi kosmetik (Leonida and Kumar, 2016).

Tretinoin (asam retinoat) digunakan untuk pengobatan jerawat dan kerutan. Bahan tersebut terdapat dalam PVA untuk digunakan dalam masker wajah (Crimi and Cozzi, 2015). Pichayakorn *et al.* (2013) menggunakan lateks karet alam yang dideproteinisasi untuk membuat masker wajah yang menunjukkan elastisitas dan modulus yang baik. *Prunus spinosa* yang terdapat di dalam matriks polimer menghasilkan formulasi pelepasan berkelanjutan yang meningkatkan efisiensi masker (Tamburic, 2006).

Hidrogel adalah jaringan polimer 3D dimana air dapat diserap sebanyak beberapa kali berat gel. Masker hidrogel biasanya digunakan untuk kulit sensitif dengan efek mendinginkan dan menyejukkan. Serisin sutera yang tertanam dalam nanoselulosa diaplikasikan sebagai masker wajah dan menunjukkan fitur biologis yang tepat untuk perawatan wajah (Aramwit and Bang, 2014). Karboksimetil selulosa (CMC) juga digunakan sebagai penguat hidrogel PVA-CMC (Gao *et al.*, 2017). *Dillenia* merupakan buah asli Asia Tenggara yang kaya akan pektin. Bubur agar-agar dari *Dillenia* digunakan sebagai masker wajah seperti gel. Hal tersebut terbukti memiliki viskositas, pH, dan sifat antioksidan yang sesuai. Hidrokoloid daun nimba antimikroba, antioksidan, dan anti-inflamasi (asli India, Nepal, Pakistan, Bangladesh, dan Sri Lanka) tertanam dalam gel antijerawat untuk perawatan wajah. penggunaan masker (Jain *et al.*, 2018). Dalam

satu uji klinis, 10 sukarelawan menggunakan masker Neem selama 15 hari. Tidak ada iritasi kulit yang diamati; selain itu, kulit berminyak dan jerawat berkurang, dan corak kulit membaik (Dona *et al.*, 2015). *Acacia nilotica* Del.fruits (Qarad) dan *Quercus infectoria* Olive. galls yang tertanam dalam hidrogel PVA juga menunjukkan efek antibakteri juga (Yousif *et al.*, 2011).

METODE

Penelitian *pre-experimental design* ini menggunakan rancangan *one group pretest* dan *posttest*. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2022 di Sekaran, Kec. Gunung Pati, Kota Semarang. Pembuatan ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya serta masker gel dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang. Produk masker gel diujikan pada subyek penelitian sebanyak 15 orang dengan usia 18-25 tahun yang memiliki kelainan kulit berjerawat.

Variabel pada penelitian berupa variabel bebas (masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya), variabel terikat (penurunan jumlah jerawat atau jerawat yang sembuh pada wajah), dan variabel kontrol (pengendalian alat dan bahan yang digunakan untuk pembuatan masker gel, dan varietas ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya, langkah pembuatan, serta pengadukan).

Ekstraksi belimbing wuluh dan lidah buaya dilakukan dengan metode maserasi. Propilen glikol dan gliserin dicampur dalam sebuah beaker glass dan diaduk hingga rata. Kemudian ditambahkan CMC ke dalam campuran tersebut, diaduk hingga homogen. Selanjutnya aquades dimasukkan sedikit demi sedikit sambil diaduk untuk memastikan CMC tidak menggumpal. Terakhir, ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dimasukkan dan diaduk hingga terbentuk gel yang homogen. Formula masker gel ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Formula Masker Gel

Nama Bahan	Formula (%)			
	F0	F1	F2	F3
Ekstrak belimbing wuluh	0	5	10	15
Ekstrak lidah buaya	0	15	10	5
CMC	3	3	3	3
Gliserin	10	10	10	10
Propilen glikol	5	5	5	5
Aquades	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml

HASIL

Berdasarkan hasil uji validitas produk dilakukan guna menguji kevalidan produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya oleh 3 validator (Apoteker K24 Karanglo Yogyakarta, Kinabeauty House, Therapist Martha Tilaar Malang). Uji inderawi dilakukan untuk menilai secara inderawi produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya untuk kulit berjerawat oleh 3 panelis ahli (Apoteker K24 Karanglo Yogyakarta, dr. Dian Yunita Indrianti, Beautician medis Mikha Skin). Uji klinis dilakukan guna mengetahui efektivitas dari masker gel lidah belimbing wuluh dan lidah buaya terhadap pengurangan jerawat pada 15 orang dengan kulit berjerawat jenis Pustule dan Papula oleh panelis ahli (dr. Dian Yunita Indrianti, Beautician medis mikha skin, dan dr. ifititah indriani, M. H).

Pada penelitian ini pengujian pH dilakukan untuk mengetahui keasaman produk, kadar pH yang baik untuk kulit berkisar 4,0-7,0 (Swastika *et al.*, 2013) uji pH menggunakan kertas lakmus. Ketiga formula masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dites menggunakan kertas lakmus dengan hasil. Formula 1 kertas lakmus kuning berubah menjadi merah dan memiliki pH 2,0, formula 2 kertas lakmus kuning berubah menjadi merah keorenan dengan pH 3,0 dan formula 3 kertas lakmus kuning berubah menjadi orange dengan hasil pH 5,0. Berdasarkan hasil pengujian pH menggunakan kertas lakmus hanya formula 3 yang memenuhi persyaratan pH yang baik untuk kulit wajah.

Penilaian validitas produk dilakukan oleh 3 validator yaitu Apoteker K24 Karanglo Yogyakarta, Kinabeauty House, Therapist Martha Tilaar Malang. Indikator penilaian masker gel ekstrak

belimbing wuluh dan lidah buaya adalah warna, homogenitas, aroma, tekstur, daya serap produk, rasa saat diaplikasikan, kemudahan dibilas.

Pada tabel 2.2. data hasil validasi produk menunjukkan bahwa hasil uji validitas produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dari ketiga validator memiliki hasil rata-rata total sebesar 92% dengan kriteria produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya sangat valid.

Tabel 2.2. Data Hasil Penilaian oleh Validator

Aspek Penilaian	Panelis			Skor yang Diperoleh	Skor Maks	Hasil (%)	Kriteria
	P1	P2	P3				
Warna	4	4	3	11	12	92	Sangat Sesuai
Homogenitas	4	4	4	12	12	100	Sangat Homogen
Aroma	4	4	4	12	12	100	Sangat sesuai
Tekstur	4	4	4	12	12	100	Sangat Lembut
Daya Serap Produk	2	3	4	9	12	75	Cepat
Rasa saat diaplikasikan	4	4	3	11	12	92	Dingin
Kemudahan dibilas	3	3	4	10	12	83	Sangat Mudah
Rata-rata Total						92	Sangat Valid

Pada hasil data menunjukkan hasil validitas dari setiap validator produk yaitu panelis 1 memiliki skor rata-rata 92% dengan kriteria sangat valid, panelis 2 memiliki rata-rata skor 89% dengan kriteria sangat sesuai, dan panelis 3 memiliki skor rata-rata 92% dengan kriteria sangat valid. Berdasarkan data yang didapat maka rata-rata total yaitu 91% dengan kriteria sangat valid sehingga produk eksperimen layak digunakan dalam penelitian.

Penilaian uji inderawi dilakukan oleh 3 panelis ahli yaitu apoteker, dokter, dan beautician medis. Indikator yang diujikann dari masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya warna, homogenitas, aroma, tekstur, daya serap produk, rasa saat diaplikasikan, kemudahan dibilas. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah produk layak atau tidak jika diuji cobakan

kepada responden sehingga perlu diadakan penilaian oleh panelis ahli.

Tabel 2.3. menunjukkan data hasil uji inderawi yang diperoleh dari ketigapanelis ahli untuk produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dengan hasil rata-rata total 92%.

Tabel 2.3. Hasil Penilaian Uji Inderawi

Aspek Penilaian	Panelis			Skor yang Diperoleh	Skor Maks	Hasil (%)	Kriteria
	P1	P2	P3				
Warna	4	3	3	10	12	83	Sangat Sesuai
Homogenitas	4	4	4	12	12	100	Sangat Homogen
Aroma	4	4	4	12	12	100	Sangat sesuai
Tekstur	4	4	4	12	12	100	Sangat Lembut
Daya Serap Produk	2	4	3	9	12	75	Cepat
Rasa saat diaplikasikan	4	4	4	12	12	100	Dingin
Kemudahan dibilas	3	4	3	10	12	83	Sangat Mudah
Rata-rata Total						92	Sangat Sesuai

Pada aspek warna produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memperoleh nilai akhir 83% dengan kriteria **sangat sesuai** yaitu warna masker gel coklat terang tidak transparan/tembus cahaya. Aspek homogenitas memperoleh nilai akhir 100% dengan kriteria **sangat homogen** yang berarti homogenitas produk masker gel sangat homogen karena tidak ada gumpalan, tidak ada butiran kasar, memiliki bentuk gel yang sama dan pada maskergel tidak terdapat endapan. Aspek aroma produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memperoleh hasil akhir 100% dengan kriteria **sangat sesuai** yang berarti aroma pada produk masker gel belimbing wuluh memiliki aroma khas belimbing wuluh dan lidah buaya, tidak berbau busuk, tidak tengik, dan tidak terdapat bau kimia seperti alkohol. Aspek tekstur produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memperoleh hasil akhir 100% dengan kriteria sangat sesuai yang berarti tekstur produk dinilai **sangat lembut** dan tidak terdapat butiran kasar. Aspek daya serap produk mendapatkan nilai 75%

dengan kriteria **cepat** yang memiliki arti bahwa produk masker gel memiliki daya serap cepat. Aspek rasa saat diaplikasikan produk masker gel ke wajah memiliki nilai 100% dengan kriteria **dingin** berarti rasa produk saat diaplikasikan memiliki sensasi dingin pada wajah. Aspek kemudahan dibilas memiliki nilai 83% dengan kriteria **sangat mudah** dengan arti bahwa kemudahan dibilas produk masker gel sangat mudah hanya dengan 1 kali bilas.

Pada hasil penelitian menghasilkan data penelitian yang menunjukkan bahwa panelis 1 memiliki nilai rata-rata 89% dengan kriteria sangat sesuai, panelis 2 memiliki nilai 96% memiliki nilai rata-rata 96% dengan kriteria sangat valid, dan panelis 3 memiliki nilai rata-rata 89% dengan kriteria sangat valid. Dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata total dari ketiga panelis yaitu 91% dengan kriteria sangat sesuai dimana produk dinyatakan sangat sesuai digunakan dalam penelitian.

Penilaian uji klinis dilakukan oleh 3 panelis ahli yang kompeten di bidang medis dan kulit yaitu dokter umum, dan beautician medis terhadap 15 responden dengan kulit berjerawat. Sebelum responden menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dilakukan uji sensitivitas kulit pada panelis ahli yaitu dokter dengan waktu 3x24 jam, kemudian para responden menunjukkan foto *bareface* kondisi jerawat, warna jerawat, jumlah jerawat, dan volume jerawat. Setelah itu responden diberikan perlakuan yaitu dengan menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya seminggu sekali dalam waktu 6 minggu. Setelah 6 minggu kondisi kulit responden di cek kembali mengenai kondisi jerawat, warna jerawat, jumlah jerawat, dan volume jerawat oleh panelis ahli. Hasil penilaian uji klinis ditunjukkan pada tabel 2.4.

Pada data menunjukkan rata-rata pengurangan jerawat pada responden dengan jumlah treatment sebanyak 6 kali selama 6 minggu. Hasil data menunjukkan warna jerawat sebelum menggunakan masker gel memiliki nilai 55% dengan kriteria warna jerawat merah kecoklatan dan setelah penggunaan masker sebanyak 6 kali menunjukkan pemudaran jerawat sehingga memiliki nilai 83% dengan kriteria warna jerawat memudar.

Tabel 2.4. Hasil Penilaian Uji Klinis

Sampel	Indikator	Pretest (%)	Kriteria Pretest	Posttest (%)	Kriteria Posttest	Selisih (%)
Masker Gel	Warna jerawat	55	Merah Kecoklatan	83	Memudar	28
Ekstrak Belimbing Wuluh Dan Lidah Buaya	Kondisi Jerawat	40	Meradang	67	Mengering	27
	Jumlah jerawat	46,11	Banyak	99,6	Sedikit	47,2
	Volume jerawat	52	Besar	3	Kecik	43,89
Rata-rata Total		48,33		84,72		36,39

Kondisi jerawat responden sebelum menggunakan masker memiliki nilai 40% dengan kriteria kondisi jerawat meradang dan setelah penggunaan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya sebanyak 6 kali memiliki nilai 67% dengan kriteria kondisi jerawat mengering. Jumlah jerawat responden sebelum menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memiliki nilai 46% dengan kriteria jumlah jerawat banyak dan setelah penggunaan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya selama 6 minggu jumlah jerawat responden memiliki nilai 93% dengan kriteria sedikit. Volume jerawat responden sebelum menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh memiliki nilai 52% dengan kriteria volume jerawat besar setelah responden menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya selama 6 minggu dengan 6 kali pemakaian volume jerawat responden memiliki nilai 96% dengan kriteria volume jerawat kecil. Berdasarkan grafik nilai selisih warna jerawat responden sebelum memakai masker gel dan sesudah sebesar 22% persen, kondisi jerawat responden sebelum dan sesudah memakai masker gel memiliki selisih nilai 27%, jumlah jerawat responden sebelum dan sesudah menggunakan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memiliki selisih nilai 47,2%, volume jerawat responden sebelum dan sesudah menggunakan masker ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya memiliki selisih nilai 43,89%.

Data pada uji klinis ini membuktikan bahwa penggunaan masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dengan 6 kali pemakaian selama 6 minggu memiliki efektivitas yang signifikan dengan melihat hasil rata-rata total *posttest* nilai memiliki nilai 84,72% dengan kriteria **pengurangan jerawat signifikan**.

Tabel 2.5. Uji Klinis Sensitivitas

Aspek penilaian	Panelis Ahli			Jumlah	Nilai Akhir	Kriteria
	1	2	3			
Sensitivitas Kulit	4	4	4	12	100%	Tidak ada eritema dan edema
Rata-rata total					100%	

Pada tabel 2.5. dapat diketahui bahwa penggunaan produk terhadap kulit tidak menyebabkan adanya indikasi alergi atau ketidakcocokan seperti rasa panas, perih, dan berwarna kemerahan hingga pembengkakan. Nilai akhir yang didapat baik dari uji klinis sensitivitas mendapat nilai akhir 100% dengan kriteria tidak terdapat eritema dan edema sehingga dapat disimpulkan bahwa masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya layak digunakan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil uji klinis yang diperoleh dari 3 panelis ahli dengan indikator penilaian warna jerawat, kondisi jerawat, jumlah jerawat dan volume jerawat, produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya efektif untuk upaya pengurangan jerawat dengan hasil rata-rata *posttest* sebesar 84,72% dan kriteria pengurangan jerawat signifikan.

Kualitas produk masker gel ekstrak belimbing wuluh dan lidah buaya dinyatakan sangat sesuai berdasarkan hasil uji pH yang dilakukan menggunakan kertas lakmus menunjukkan pH formula 3 yaitu 5,0. Penilaian validitas produk oleh 3 validator dan uji inderawi yang dilakukan oleh 3 panelis ahli memiliki hasil rerata sangat sesuai yaitu dengan mengamati bentuk, homogenitas, aroma, tekstur, rasa saat diaplikasikan, daya serap produk, kemudahan dibilas.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Y.F., Yulfitri, A., & Ulum, M.B., 2021. Identifikasi Jenis Jerawat Berdasarkan Tekstur Menggunakan GLCM dan Backpropagation. *Jurnal Sains Manajemen Informatika dan Komputer*, 20, pp.139-146.
- Aramwit, P., & Bang, N., 2014. The Characteristics of Bacterial Nanocellulose Gel Releasing Silk Sericin for Facial Treatment. *BMC Biotechnology*, 14, pp.104.
- Arifuddin, A., & Dewi, R., 2018. Uji Efektivitas Ekstrak Air Buah Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap Pertumbuhan *Propionibacterium Acnes*. *Media Farmasi*, 14, pp.66.
- Basuki, S.F.S., Prasetyaningsih, Y., & Baru, H.Y., 2021. Uji Efektivitas Ekstrak Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*) terhadap Bakteri. *Forte Journal*, 1, pp.25-32.
- Baumann, L. 2008. Understanding and Treating Various Skin Types: The Baumann Skin Type Indicator. *Dermatol Clin.*, 26, pp.359-373.
- Choi, C.W., Choi, J.W., & Youn, S.W., 2013. Subjective Facial Skin Type, Based on the Sebum Related Symptoms, Can Reflect the Objective Casual Sebum Level in Acne Patients. *Skin Research and Technology*, 19, pp.176-182.
- Crimi, R., & Cozzi, R., 2015. *Vinylic Mask with Peel-off Effect for Topical Use Containing High Concentrations of Retinoic Acid*.
- Dona, D., Moharana, P., Baidyanath, M., Vivekananda, R., & Dimple, W., 2015. Gentle Neem Face Wash: A Clinical Review. *International Journal of Bioassays*, 4, pp.4266-4268.
- Fan, L., Jia, Y., Cui, L., Li, X., & He, C., 2018. Analysis of Sensitive Skin Barrier Function: Basic Indicators and Sebum Composition. *International Journal of Cosmetic Science*, 40, pp.117-126.
- Gao, Z., Yu, Z., Huang, C., Duan, L., & Gao, G.H., 2017. Carboxymethyl Cellulose Reinforced Poly(Vinyl Alcohol) with Trimethylol Melamine as a Chemical Crosslinker. *Journal of Applied Polymer Science*, 134.
- Grace, F.X., Darsika, C., Sowmya, K.V., Suganya, K., & Shanmuganathan, S., 2015. Preparation and Evaluation of Herbal Peel Off Face Mask. *American Journal of PharmTech Research*, 5, pp.330-336.
- Grace, X.F., Vijetha, R.J., Shanmuganathan, S., & Chamundeeswari, D., 2014. Preparation and Evaluation of Herbal Face Pack.

- Jain, K., Choudhury, P., Sharma, M., & Dev, S., 2018. Preparation and Evaluation of Anti-Acne Herbal Gel 4.
- Kapoor, S., & Saraf, S., 2010. Formulation and Evaluation of Moisturizer Containing Herbal Extracts for the Management of Dry Skin. *Pharmacognosy Journal*, 2, pp.409-417.
- Kim, M.-K., Choi, S.-Y., Byun, H.-J., Huh, C.-H., Park, K.-C., Patel, R.A., Shinn, A.H., & Youn, S.-W., 2006. Comparison of Sebum Secretion, Skin Type, pH in Humans With and Without Acne. *Archives of Dermatological Research*, 298, pp.113-119.
- Laguens, M., Rendon, M.I., & Reeves, W.H., 2010. The Effects of a New Transdermal Hydrating and Exfoliating Cosmetic Face Mask in the Maintenance of Facial Skin. *Cosmetic Dermatology*, 23, pp.370-383.
- Leonida, M., & Kumar, I., 2016. Nanochitosan and the Skin. *Bionanomaterials for Skin Regeneration*, 2016.
- Lisnawati, N., & Prayoga, T., 2020. *Ekstrak Buah Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi l.)*. Jakad Media Publishing.
- Liu, B.S., Lin, S.N., Lien, C.W., & Lai, H.H., 2014. Determined the Critical Factors of Facial Mask Products and Size Design. *2014 IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, pp.145-150.
- Ngoenkratok, J., Worachuen, P., Puapermpoonsiri, U., & Sila-On, W., 2015. *The Influence of Ethanol Content on Physical Characteristics and Mechanical Properties of Facial Peel Off Mask Contained the Ethanolic Extract of Centella Asiatica (linn.) Urban.*
- Ningsih, A.M.M., & Ambarwati, N.S.S., 2021. Pemanfaatan Lidah Buaya (Aloe vera) sebagai Bahan Baku Perawatan Kecantikan Kulit. *Jurnal Tata Rias*, 11, pp.1-10.
- Noviani, Y., Noor, S.U., & Nengsih, E., 2017. Pengaruh Variasi Konsentrasi Polivinil Alkohol (PVA) pada Formulasi Masker Gel Peel-off Ekstrak Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi l.) sebagai Anti Jerawat. *Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 14, pp.199-205.
- O'Reilly Beringsh, A., Rosa, J.M., Stulzer, H.K., Budal, R.M., & Sonaglio, D., 2013. Green Clay and Aloe Vera Peel-off Facial Masks: Response Surface Methodology Applied to the Formulation Design. *AAPS PharmSciTech*, 14, pp.445-55.
- Orafidiya, L.O., Agbani, E.O., Oyedele, A.O., Babalola, O.O., Onayemi, O., & Aiyedun, F.F. 2004. The Effect of Aloe Vera Gel on the

- Anti-Acne Properties of the Essential Oil of *Ocimum Gratissimum* linn Leaf – a Preliminary Clinical Investigation. *International Journal of Aromatherapy*, 14, pp.15-21.
- Pichayakorn, W., Boonme, P., & Taweepreda, W., 2013. Preparation of Peel-off Mask from Deproteinized Natural Rubber Latex. *Advanced Materials Research*, 747, pp.95-98.
- Pura, A., Dusenkova, I., & Malers, J., 2014. Adsorption of Organic Compounds Found in Human Sebum on Latvian Illitic, Kaolinitic, and Chloritic Phyllosilicates. *Clays and Clay Minerals*, 62, pp.500-507.
- Rahmasari, E.N., & Puspitorini, A., 2020. Pemanfaatan Belimbing Wuluh (*Averrhoa bilimbi* l) dan Minyak Zaitun untuk Masker Perawatan Kulit Wajah. *JBC: Journal of Beauty and Cosmetology*, 2, pp.57-68.
- Saputra, O.F., & Anggraini, N., 2016. *Khasiat Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi l.) terhadap Penyembuhan Acne Vulgaris*.
- Tamburic, S., 2006. Effects of Polymer Entrapment of *Prunus Spinosa* Fruit Extract on Its Cosmetic Efficacy. *Journal of Applied Cosmetology*, 24, pp.63-76.
- Velasco, M.V.R., Vieira, R.P., Fernandes, A.R., Dario, M.F., Pinto, C.A.S.O., Pedriali, C.A., Kaneko, T.M., & Baby, A.R., 2014. Short-term Clinical of Peel-off Facial Mask Moisturizers. *International Journal of Cosmetic Science*, 36, pp.355-360.
- Vipin, K., Sonu, M., & Santosh, B., 2016. Efficacy of Jalukavacharana in the Management of Yuvanapidakaw, S.R. to Acne Vulgaris- a Pilot Study. *International Ayurvedic Medical Journal*, 4, pp.2933-2938.
- Youn, S.W., 2017. Cosmetic Facial Skin Type. In: Humbert, P., Fanian, F., Maibach, H.I., & Agache, P., (eds.) *Agache's Measuring the Skin: Non-invasive Investigations, Physiology, Normal Constants*. Cham: Springer International Publishing.
- Youn, S.W., Kim, S.J., Hwang, I.A., & Park, K.C., 2002. Evaluation of Facial Skin Type by Sebum Secretion: Discrepancies between Subjective Descriptions and Sebum Secretion. *Skin Res Technol*, 8, pp.168-72.
- Yousif, M.F., Haider, M., & Sleem, A.A., 2011. Formulation and Evaluation of Two Anti-inflammatory Herbal Gels. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 1, pp.200-209.
- Yu, B., Kang, S.-Y., Akthakul, A., Ramadurai, N., Pilkenton, M., Patel, A., Nashat, A., Anderson, D.G., Sakamoto, F.H., Gilchrest, B.

A., Anderson, R.R., & Langer, R., 2016. An Elastic Second Skin. *Nature Materials*, 15, pp.911-918.

BAB III. MINYAK SERAI WANGI DAN PRODUK DERIVATNYA

Nanik Wijayati, Dian Pratiwi, Hestin Wirasti, Sri Mursiti

Universitas Negeri Semarang
nanikanang@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.149>

ABSTRAK

Minyak serai wangi menjadi salah satu komoditas dari sembilan jenis minyak atsiri yang paling menonjol sebagai andalan Indonesia dan berpotensi serta sangat prospektif. Permintaan minyak ini cukup tinggi dan harganya cenderung stabil. Budidaya tanaman serai wangi juga tidak terlalu sulit serta dapat hidup di lahan-lahan kritis. Kandungan utama minyak serai wangi yaitu sitronelal, geraniol, dan sitronelol yang memberikan bau khas citrus yang disukai oleh konsumen. Produksi minyak serai wangi juga harus memenuhi parameter standar mutu SNI 06-3953-1995. Minyak serai wangi ini dapat diperoleh dengan cara ekstraksi dan destilasi. Minyak ini juga memiliki banyak manfaat dan khasiat antara lain antioksidan, antibakteri, antifungal, pengharum ruangan, herbisida, minyak pijat, dan lain-lain.

Kata kunci: Minyak, Sereh, Derivat

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu pusat keanekaragaman flora dunia, yang memberikan kesejahteraan bagi para petani. Sebagai negara agraris, sektor pertanian telah memberikan kontribusi yang besar terutama devisa. Komoditas dari sektor pertanian mampu meningkatkan devisa negara, salah satunya adalah komoditas ekspor nonmigas minyak atsiri.

Minyak atsiri merupakan salah satu jenis minyak nabati yang memiliki karakteristik mempunyai aroma yang khas, mudah

menguap dan berbentuk cair di suhu ruangan. Minyak atsiri memiliki beberapa sebutan, diantaranya adalah minyak terbang (*volatile oil*) karena mudah menguap dalam suhu ruang, minyak eteris (*etherial oil*) karena memiliki sifat eter, minyak aromaterapi (*aromatic oil*) karena sering digunakan sebagai aromaterapi, dan *essential oil* karena mengandung intisari dari tanaman tersebut.

Terdapat ± 13 jenis minyak atsiri di Indonesia yang telah memasuki pasar atsiri dunia yaitu minyak serai wangi, kayu manis, kayu putih, nilam, kenanga, pala, lada, cengkih, jahe, cendana, melati, akar wangi, dan kemukus (Rusli, 2010). Salah satu tanaman atsiri di Indonesia yang potensial adalah minyak serai wangi. Sebaran tanaman serai wangi dan produksi minyaknya di Indonesia berpusat di pulau Jawa, khususnya Jawa Tengah dan Jawa Barat. Komoditas serai wangi memberikan peranan yang cukup besar terhadap devisa negara, pendapatan petani, serta penyerapan tenaga kerja.

Pada bagian ini akan dibahas beberapa hal mengenai produksi minyak atsiri. Mulai dari potensi tanaman minyak serai wangi, budi daya serai wangi, hingga teknologi untuk mengambil minyak serai wangi. Selain itu dibahas pula derivatisasi dan produk turunan dari minyak serai wangi.

MINYAK SERAI WANGI DAN POTENSINYA

Peningkatan perkembangan industri modern seperti industri kosmetik, parfum, farmasi, makanan, aromaterapi dan obat-obatan, memiliki dampak akan meningkatnya kebutuhan minyak atsiri setiap tahunnya (Wany *et al.*, 2014). Minyak serai wangi menjadi komoditas andalan di sektor agribisnis yang memiliki nilai pasar tinggi serta berdaya saing kuat di pasar internasional. Minyak ini memiliki nilai permintaan yang cukup tinggi dan cenderung meningkat, namun harganya tetap stabil. Pendapatan ekspor minyak serai wangi menduduki urutan ketiga setelah minyak nilam dan minyak akar wangi.

Minyak serai wangi sebagai komoditi ekspor mempunyai prospek yang cukup baik, sehingga kebutuhan pasar internasional terhadap minyak serai wangi meningkat sekitar 3-5% setiap tahun.

Negara pengimpor minyak serai wangi Indonesia adalah Amerika Serikat, China, Taiwan, Singapura, Belanda, Jerman, dan Filipina (Unido&FAO, 2005). Indonesia menjadi pemasok minyak serai wangi nomor tiga di dunia setelah China dan Vietnam. Kementerian Perdagangan (2011) mengungkapkan, produksi minyak serai wangi dunia mendekati 4.000 ton dan 40% sumbernya dipasok oleh China dan Indonesia.

Dalam dunia perdagangan minyak serai wangi dikenal dengan nama *Citronella Oil*, yang terdiri atas dua tipe yaitu tipe Jawa dari tanaman *Cymbopogon winteratus* (*Java citronella*) dan tipe Ceylon dari tanaman *Cymbopogon nardus* (*Ceylon citronella*). Senyawa utama dalam minyak serai wangi yaitu sitronelal, sitronelol, dan geraniol. Peningkatan nilai ekonomi minyak atsiri dapat dilakukan dengan cara membuat senyawa turunan dari komponen utama minyak tersebut (Murni & Rustin, 2020).

Sebaran Produksi Tanaman Serai Wangi

Tanaman serai wangi sering digunakan sebagai campuran makanan dan obat-obatan. Tanaman ini sangat mudah tumbuh dan cocok ditanam pada berbagai kondisi tanah (Siabu, 2021). Tanaman serai dikenal dengan nama berbeda di setiap daerah, yaitu Jawa (*sereh* atau *sere*), Sumatera (*serai*, *sorai* atau *sanger-sanger*), Kalimantan (*belangkak*, *senggalau* atau *salai*), Nusa Tenggara (*see*, *nau sina* atau *bu muke*), Sulawesi (*tonti* atau *sare*), dan Maluku (*hisa* atau *isa*). Sebaran tanaman atsiri Indonesia disajikan pada Gambar 3.1.

Permintaan pasar terhadap minyak serai wangi sangat tinggi, hal ini menjadi pendorong bagi masyarakat untuk menanam dan memproduksinya. Pulau Jawa menjadi pusat daerah penanaman dan produksi minyak serai. Minyak serai wangi terbesar, adalah di daerah Jawa Tengah dan Jawa Barat, yaitu mencapai 95% dari total produksi Indonesia. Daerah pusat produksi di Jawa Tengah adalah Cilacap dan Pemalang, sedangkan di Jawa Barat yaitu Bandung, Pandeglang, Sumedang, Ciamis, Cianjur, Lebak, Garut, dan Tasikmalaya.

Famili : Poaceae
Genus : *Cymbopogon*
Spesies : *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon winterianus*

Tanaman serai wangi (Gambar 3.2) termasuk ke dalam golongan famili rumput-rumputan (Graminea) yang terdiri dari dua tipe yaitu A. ceylon (*Cymbopogon nardus*) dan B. java (*Cymbopogon winterianus*). Perbedaan kedua varietas tanaman serai wangi disajikan pada Tabel 3.1.



A Tipe Ceylon

B Tipe Jawa

Gambar 3.2. Tanaman Serai Wangi Tipe Ceylon dan Jawa (<https://www.flickr.com>); <https://www.biolandes.com>

Karakteristik Minyak Serai Wangi

Minyak serai wangi berwarna kuning terang dengan karakteristik memiliki aroma khas seperti aroma kayu, rumput, atau lemon. Komponen utama penyusun minyak serai wangi ada 3 yaitu Geraniol ($C_{10}H_{16}O$), Sitronellol ($C_{10}H_{20}O$), dan Sitranellal ($C_{10}H_{18}O$) (Sabuna *et al*, 2017). Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa (GC/MS) minyak atsiri *C. nardus* mengandung monoterpena yang mengandung oksigen (90,61%) yang terdiri dari sitronelal (27,87%), geraniol (22,77%), trans-sitral (14,54%), sitronelol (11,85%) dan nerol (11,21%) sebagai senyawa utama (Mohamed Ali, 2017).

Penelitian yang dilakukan oleh Heiba & Rizk (1986) menunjukkan bahwa minyak serai wangi (*Cymbopogon nardus*) mengandung Kamfena, β -Karyofilena, limonena, mirsena, terpinolena, borneol, sitronellol, geraniol, linalool, piperitol, citral (cis and trans), sitronellal, metil heptenon, asam sitronelat,

piperitone, sitronellil asetat, karyofillena oksida, geranil asetat, geranil butirate, metil eugenol, chavicol, eugenol, metil isoeugenol, nerol, ocimena, elemol, η -propil alkohol, 4-terpineol, menthana, α -terpinena, α -thujiena, α -terpineol, α -pinena and β -pinena.

Tabel 3.1. Perbedaan Tanaman Serai Wangi Tipe Ceylon dan Jawa

No	Aspek	Ceylon (Lenabatu)	Jawa (Mahapengiri)
1	Asal	Sri Lanka	Belum dipastikan, namun dianggap berasal dari Indonesia
2	Morfologi	Tumbuh berumpun lebih tinggi dan tegak dengan tinggi 100-200 cm. Daun berwarna hijau kebiru-biruan dan kasar pada kedua pinggirnya. Warna batang hijau	Tumbuh berumpun lebih rendah dan lebar dengan tinggi 40-70 cm. Daun berwarna hijau muda dan bagian bawahnya agak kasar. Warna batang Kuning kehijauan dengan campuran warna merah keungu-unguan seperti warna tembaga
3	Agronomi	Tumbuh subur pada tanah yang kurang subur dan pemeliharaannya cukup mudah	Menghendaki pemeliharaan dan tanah yang lebih baik
4	Fisiologi	Minyak yang dihasilkan lebih rendah. Kadar geraniol 55-65% dan sitronelal 7-15%. Wanginya kurang, warna minyak antara kuning-cokelat muda	minyak yang dihasilkan lebih banyak dan bermutu tinggi. Kadar geraniol 65-90% dan sitronelal 30-45%. Wanginya lebih terasa, dan warna minyaknya antara tidak berwarna sampai kuning muda.

Sumber: (Lubis *et al.*, 2012)

Bau utama yang lebih digemari pada minyak serai wangi adalah sitronellal, yang merupakan bahan dasar untuk pembuatan parfum. Berdasarkan standar pasar internasional, minyak serai wangi harus mengandung sitronelal >35% dengan jumlah total alkohol juga >35%. Kualitas minyak serai wangi untuk ekspor dapat dianalisis menurut kriteria sifat fisik yaitu warna, indeks bias dan bobot jenis, maupun secara kimia yaitu kadar total sitronelal dan total geraniol. Syarat mutu minyak serai wangi menurut SNI 06-3953-1995 disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Syarat Mutu Minyak Serai Wangi

No	Aspek	Satuan	Syarat
1	Warna	-	Kuning pucat hingga kuning kecoklatan
2	Bobot jenis (20°C)	-	0,880-0,922
3	Indeks bias	-	1,466-1,475
4	Total geraniol (bobot/bobot)	%	Min. 85
5	Total sitronelal (bobot/bobot)	%	Min. 35
6	Bau	-	Segar, khas minyak serai wangi
7	Putaran optik	°	-(-6)
8	Titik nyala	°C	76-84
9	Kelarutan dalam etanol 80%	-	1:2 jernih seterusnya jernih sampai opalesensi
10	Zat asing:		
	- Lemak	-	Negatif
	- Alkohol	-	Negatif
	tambahan	-	Negatif
	- Minyak pelikan	-	Negatif
	- Minyak tementin	-	Negatif

Secara kimiawi, minyak atsiri tersusun dari campuran aberbagai senyawa, namun suatu senyawa tertentu biasanya bertanggung jawab atas suatu aroma tertentu. Sifat kimia minyak sereh wangi yaitu:

1. Terutama ditentukan oleh persenyawaan fenil yang dikandung oleh sitronelal, sitronelol dan geraniol, dan merupakan ikatan rangkap terpen
2. Mengandung ozigenated hidrokarbon, aldehida dan alkohol.
3. Proses oksidasi terjadi pada ikatan rangkap pada gugus karbonil dan pada gugus karboksil. Proses ini menyebabkan perubahan warna dan juga menurunkan jumlah sitronelal.
4. Polimerisasi dapat terjadi pada gugus karbonil yaitu pada ikatan rangkap.
5. Turunan fenil propanoid terbentuk melalui jalur biosintesis asam sikimat merupakan senyawa aromatis yang terdiri dari gabungan benzena (fenil) dan propana.

Sifat fisika minyak sereh wangi sangat dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu:

1. Minyak sereh wangi pada umumnya berwarna kecoklatan dan mudah menguap
2. Minyak sereh dapat larut (jenuh) dalam alkohol 80%
3. Memiliki titik didih 225 °C dan aktif secara optik
4. Susunan senyawa komponennya kuat mempengaruhi saraf manusia (terutama di hidung). Karena baunya yang kuat memberikan efek psikologis tertentu.

ISOLASI MINYAK SERAI WANGI

Manfaat serai wangi dapat dioptimalkan melalui ekstraksi minyak atsirinya. Ekstraksi serai wangi adalah proses pemisahan zat dari sumbernya untuk mendapatkan unsur-unsur esensial. Proses ekstraksi dapat dilakukan baik dalam skala kecil maupun besar dengan suhu dan tekanan yang terkendali. Ada berbagai metode untuk mengekstraksi minyak atsiri dari tumbuhan alami, termasuk distilasi uap, ekstraksi pelarut, ekstraksi Soxhlet, ekstraksi cairan superkritis, enflourasi dan pengepresan dingin (Lo

et al., 2020). Minyak serai wangi dapat diekstrak dengan berbagai teknologi atau cara, antara lain distilasi (Feriyanto *et al.*, 2013), dan ekstraksi (Chanthai *et al.*, 2012; Suali *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2011). Teknologi yang dipilih ditentukan berdasarkan sifat dan jenis minyak serai wangi.

Penyulingan atau Distilasi Minyak Serai Wangi

Minyak atsiri serai wangi paling banyak terdapat di daun dibandingkan dari batang, tangkai semu, atau akarnya. Minyak atsiri dari daun serai wangi dilakukan dengan proses penyulingan atau destilasi. Tujuan dari proses distilasi adalah memperoleh minyak atsiri dari tanaman aromatik yang mempunyai kandungan eteris (Saputra *et al.*, 2020). Daun serai wangi yang akan didestilasi harus dilakukan proses pelayuan, untuk menurunkan kadar air bahan, sehingga proses distilasi akan menghasilkan rendemen minyak yang lebih tinggi. Berkurangnya kadar air dari bahan akan menyebabkan pecahnya sel-sel minyak sehingga memudahkan dalam proses pengambilan minyak selama proses destilasi (Karneta & Wahyuni, 2020).a

Distilasi adalah proses pemisahan komponen berdasarkan perbedaan titik didih. Pada proses distilasi, cairan dipisahkan dengan penguapan diikuti dengan kondensasi uap yang dihasilkan. Untuk mencapai pemisahan apa pun, uap dari cairan mendidih harus berbeda komposisinya dari komposisi cairan aslinya. Memang, studi dasar dalam distilasi adalah prediksi komposisi uap yang berasal dari campuran cairan tertentu; dengan kata lain, kesetimbangan cair-uap (Heald & Smith, 1974).

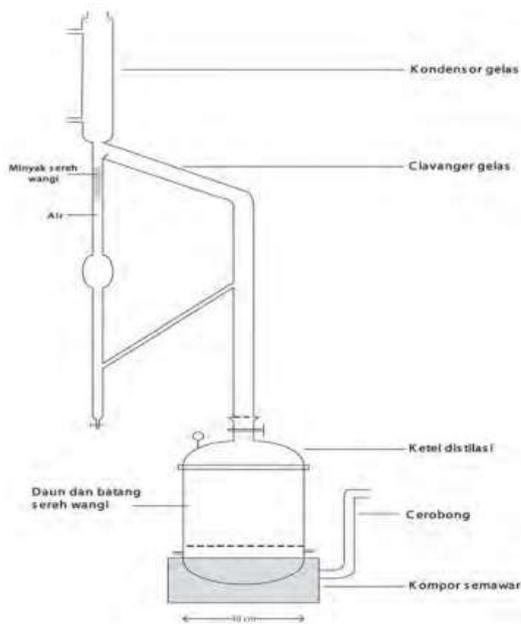
Setiap molekul uap yang kontak dengan permukaan cairan memiliki peluang untuk mencair kembali. Ketika suhu naik jumlah molekul yang menguap akan sama dengan jumlah molekul yang terkondensasi. Sehingga, terbentuklah kesetimbangan dinamis dan jumlah molekul konstan. Secara umum metode distilasi dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu distilasi dengan air, distilasi dengan menggunakan uap serta distilasi dengan air dan uap.

1. Distilasi Air (*Water Distillation*)

Pada metode distilasi air, bahan yang akan disuling berkontak langsung dengan air yang mendidih. Bahan direbus bersama air dalam ketel distilasi dan uap air akan menguap dengan membawa uap minyak yang ada dalam bahan. Bahan yang berupa tepung dan bunga-bunga tidak dapat menggunakan metode ini karena mudah larut. Hal yang perlu diperhatikan dalam distilasi ini adalah saat pengisian bahan tidak boleh terlalu tinggi dan padat. Ukuran bahan harus seragam agar mencegah jalur uap. Dinding dijaga jangan sampai kena ketel dan selama distilasi sebaiknya dilakukan penambahan air panas. Selain itu isolasi juga perlu agar menjaga kebocoran dan kontak dengan suhu dingin untuk mencegah kondensasi. Cara kerja alat ini merupakan proses hidrodifusi yang bekerja sangat lamban. Agar lebih efektif bahan harus dirajang terlebih dahulu untuk meningkatkan kecepatan distilasi (*Saidur et al., 2011*).

Pada saat mendidih, kondensat akan keluar melalui kondensor dan selanjutnya menetes ke dalam alat pemisah minyak. Kecepatan distilasi dapat diatur dan disesuaikan dengan keadaan alat dan bahan yang akan disuling sehingga menghasilkan minyak atsiri yang berkualitas baik. Jumlah minyak yang menguap bersama-sama uap air ditentukan oleh 3 faktor, yaitu: berat molekul dari masing-masing komponen dalam minyak,

besarnya tekanan uap yang digunakan, dan kecepatan minyak yang keluar dari bahan (*Muyassaroh, 2016*). Proses distilasi dengan air disajikan pada Gambar 3.3.

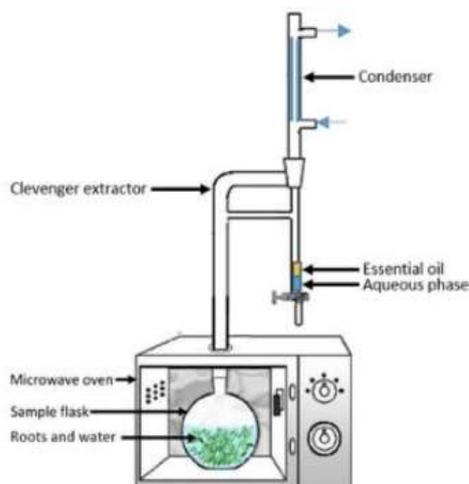


Gambar 3.3. Alat Distilasi Air (LIPI Press)

Sistem ini memiliki beberapa kelebihan antara lain prosesnya sederhana dan dapat mengisolasi minyak dari bahan yang berbentuk bubuk dari kayu, akar, kulit, dan bunga-bunga yang mudah menggumpal ketika terkena panas. Bahan baku serai wangi yang sudah dilayukan, dimasukkan ke dalam ketel penyuling yang sudah berisi air kemudian dipanaskan. Uap yang keluar lalu dialirkan dengan pipa yang dihubungkan dengan kondensor. Uap yang tersusun atas uap air dan minyak akan terkondensasi menjadi cair dan ditampung dalam tempat pemisah. Kekurangan distilasi ini adalah ekstraksi minyaknya tidak sempurna karena minyak dengan titik didih tinggi, banyak yang tidak tersuling, rendemennya rendah dan flavor tidak lengkap. Beberapa komponen akan terhidrolisis (ester) dan mengalami polimerisasi (aldehida), juga bisa menurunkan mutu serta efisiensi minyak rendah.

Variyana *et al* (2019) mengekstrak minyak serai wangi menggunakan metode *Microwave Hydrodistillation (MHD)*. MHD adalah kombinasi hidrodistilasi dengan microwave untuk

ekstraksi. MHD terdiri atas langkah-langkah berikut. Bahan tanaman dikemas dalam penyuling kemudian ditambahkan air secukupnya. Sampel yang diekstraksi dirangkai dengan alat Clevenger. Pemanasan awal diukur dari saat microwave dihidupkan hingga awal penguapan. Uap yang keluar dari ruang ekstraksi dikondensasikan oleh alat kondensor dan diangkut ke separator, dimana minyak dipisahkan secara otomatis dari air. Hasil diikuti setiap 10 menit setelah pemanasan awal. Proses dilanjutkan hingga mencapai waktu ekstraksi maksimum 150 menit. Kondisi optimal metode ini adalah pada saat daya gelombang mikro pada 600 W, ukuran bahan dalam 0,5 cm dan waktu ekstraksi 90 menit. Pada kondisi optimal ini, rendemen minyak ekstrak yang diperoleh adalah 1,817%. Gambar dari alat MHD disajikan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Alat Distilasi Air dengan Bantuan Microwave (Variyana *et al.*, 2019)

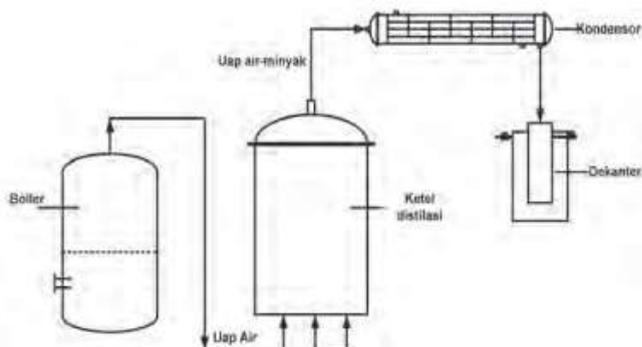
Kumoro *et al* (2021) mendapatkan minyak serai wangi dengan cara mengkombinasikan ultrasound *pre-treatment* dan hidro-distilasi. Analisis GC-MS mengungkapkan bahwa *pre-treatment* ultrasound memudahkan pelepasan minyak serai wangi yang mengandung unsur pewangi utama yaitu sitronelal, geraniol, neral dan geraniol sebesar 23,21%, 54,90%, 7,97% dan 10,15%.

Daniswara *et al.* (2017) juga menggunakan metode *microwave water-hydro distillation* untuk mengekstraksi minyak serai wangi. Ekstraksi minyak serai wangi dengan metode *microwave water-hydro distillation* lebih mudah dan dapat menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode *microwave hydro distillation*. Pengujian sifat fisik minyak serai wangi menunjukkan bahwa minyak atsiri yang diperoleh dengan *microwave hydro distillation* dan *microwave water-hydro distillation* memiliki kualitas yang sama (indeks bias dan berat jenis). Selanjutnya, pengujian sifat kimia minyak serai wangi menunjukkan bahwa minyak atsiri yang diperoleh dengan *microwave water-hydro distillation* memiliki flavor yang lebih baik dibandingkan dengan minyak yang diperoleh dengan *microwave hydro distillation*.

2. Distilasi Uap (*Steam Distillation*)

Prinsip metode distilasi uap yaitu mengalirkan uap bertekanan tinggi ke dalam bahan dimana ketel bahan terpisah dari ketel uap, dan uap dialirkan melalui pipa. Yang perlu diperhatikan pada proses distilasi ini adalah untuk skala besar sebaiknya plat berlubang lebih dari satu dan setiap rak harus diberi ruang kosong untuk memudahkan aliran uap. Proses distilasi dengan uap langsung disajikan pada Gambar 3.5.

Keuntungan proses distilasi dengan uap langsung adalah proses hidrolisis dapat ditekan, rendemen yang didapat lebih tinggi karena komponen bertitik didih tinggi dapat tersuling sehingga mutu lebih baik karena komponen minyak lebih lengkap, distilasi dapat dipersingkat karena kecepatan distilasi tinggi sedangkan kekurangannya adalah peralatan lebih kompleks dan butuh pengalaman, tidak efisien untuk skala kecil, dan tidak bisa untuk minyak yang mudah rusak oleh panas yang tinggi.



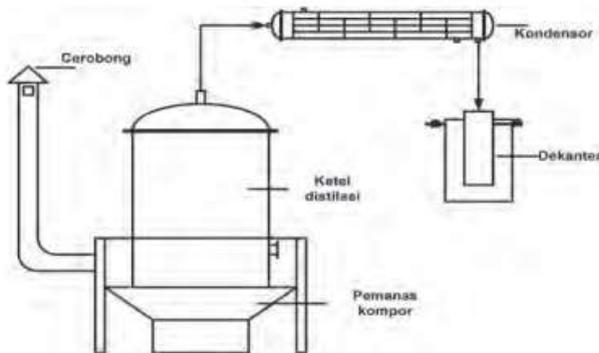
Gambar 3.5. Alat Steam Distillation (LIPI Press)

Prinsip kerja metode ini adalah bahan baku ini tidak kontak langsung dengan air maupun pemanas. Uap bertekanan tinggi yang dibuat dalam *boiler* dialirkan melalui pipa dan masuk ke dalam ketel yang berisi bahan baku. Uap yang keluar dari ketel dihubungkan dengan kondensor yang kemudian cairannya dipisahkan dengan separator sesuai berat jenis minyak. Uap yang digunakan berupa uap jenuh dengan tekanan lebih dari 1 atm.

Agustina & Jamilah (2021) mendapatkan minyak serai wangi menggunakan metode distilasi uap (*steam distillation*). Hasil distilat serai wangi dengan metode distilasi uap rata-rata menghasilkan rendemen 0.6% (6 Kg/ton) dengan kapasitas mesin 500 Kg. Sementara Weng *et al.* (2015), dengan metode yang sama mendapatkan rendemen minyak atsiri sebesar 0,4-0,7%. Fauzi & Jumal (2020) mengungkapkan bahwa pengekstrakan daun serai wangi menghasilkan kandungan minyak yang lebih tinggi berbanding batang serai wangi dengan persentase sebesar 0.55% dan 0.024%. Komposit utama minyak yang diekstrak dari bagian daun ialah citronellol (41.4%), metilleugenol (80.2%), sitronellal (39.7%), D-limonena (40%) dan geraniol (36.5%). Sementara itu, pengambilan dari batang terdiri daripada α -Himachalena (45.34%), sitronellol asetat (48.2%), cis-Geraniol (57.8%) dan endo- Borneol (26.2%).

3. Distilasi Air dan Uap (*Steam and Water Distillation*)

Prinsip distilasi ini menggunakan tekanan uap rendah dan bahan tidak kontak langsung dengan air tetapi air terpisah oleh piringan atau plat berlubang. Untuk ukuran besar (tinggi), plat berlubang dapat lebih dari satu untuk mencegah penggumpalan dan jalur uap serta untuk memudahkan keluar masuk bahan. Setelah air mendidih uap akan keluar melalui lubang piringan, mengalir ke bahan, menguapkan minyak secara difusi, dan membawa keluar dari bahan menuju kondensor. Kepadatan bahan sebaiknya longgar, ukuran bahan seharusnya seragam dan tidak terlalu halus. Proses distilasi dengan air dan uap tampak pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Alat Steam and Water Distillation (LIPI Press)

Sistem ini banyak dilakukan pada dunia industri minyak serai karena hanya memerlukan sedikit air sehingga dapat menghemat waktu proses produksi. Metode ini dilengkapi dengan sistem kojobasi, yaitu air kondensat yang keluar dari separator masuk kembali secara otomatis ke dalam ketel sehingga dapat menekan biaya produksi. Ciri metode ini yaitu uap selalu dalam keadaan basa, jenuh, dan tidak terlalu panas. Sistem ini lebih efisien daripada metode distilasi air karena jumlah bahan bakar yang diperlukan lebih sedikit, lebih singkat, dan rendemen minyak yang dihasilkan besar.

Keuntungan dari distilasi uap air adalah uap dapat berpenetrasi secara merata kedalam bahan dan suhu tidak terlalu tinggi, kerusakan minyak lebih kecil, apabila uap tidak terlalu panas dan tidak terjadi kontak dengan air mendidih maka mutu lebih baik, dan tidak mudah gosong. Sedangkan kelemahannya adalah tekanan uapnya rendah (1 atm), jika komponen minyak bertitik didih tinggi maka minyak masih ada yang tidak tersuling, dan untuk mempertinggi rendemen sebaiknya waktu harus diperpanjang tetapi cara ini tidak ekonomis.

Fitri, (2017) menggunakan metode *steam-hydro distillation* untuk mengekstrak minyak serai wangi. Dari hasil penelitian diketahui bahwa % rendemen minyak serai wangi ter tinggi pada variabel ukuran bahan sebesar 0,5 cm pada suhu 115°C dengan rendemen 1,92%. Kandungan serai wangi yang diperoleh dalam minyak penelitian ini adalah 59,28%. Lely *et al.* (2017) mengisolasi minyak atsiri serai wangi dengan metode destilasi uap air dari 5 kg daun dan batang serai wangi. Hasil destilasi uap air diperoleh minyak atsiri sebanyak 12 mL dengan rendemen sebesar 0,24 % (v/b).

Feriyanto *et al.* (2013) menggunakan metode distilasi uap dan air (*steam and hydro distillation*) dengan pemanasan microwave untuk mengambil minyak serai wangi dari daun dan batang serai wangi. Dalam pemanfaatan microwave ditambahkan pelarut berupa air untuk mengambil minyak di dalam daun dan batang serai wangi serta dilakukan pengambilan distilat tiap 20 menit. Dari hasil penelitian didapatkan % rendemen minyak serai wangi yang tinggi pada variabel daun adalah pada daun layu cacah pada suhu 110 J dengan % rendemen sebesar 1,52 % dan untuk batang adalah pada batang layu cacah pada suhu operasi 110 J dengan % rendemen sebesar 1,03 %. Kandungan Citronella yang tinggi pada daun adalah saat kondisi daun segar sebesar 67,36 % dan pada batang saat kondisi batang layu sebesar 85,73 %. Densitas minyak serai wangi untuk daun pada range 0,872 – 0,882 gram/cm³ dan untuk batang pada range 0,862 – 0,877 gram/cm³. Nilai indeks bias untuk daun pada range 1,415 – 1,472 dan pada batang pada range 1,415 – 1,438. Nilai bilangan asam untuk daun

pada range 2,805 – 3,366 dan pada batang pada range 3,086 – 3,647.

4. Distilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan

Pemisahan tiga komponen utama minyak serah wangi, dapat dilakukan dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Wijayanti (2015) mengisolasi sitronelal dari minyak serai wangi menggunakan metode distilasi fraksinasi dengan pengurangan tekanan, tanpa didahului ekstraksi. Minyak serah sebanyak 500 g dimasukkan ke dalam labu leher tiga kapasitas 1000 mL yang dilengkapi seperangkat alat distilasi fraksinasi dengan pengurangan tekanan. Fraksi-fraksi yang diperoleh dianalisis dengan kromatografi gas, spektrofotometer infra merah dan kromatografi gasspektrometer massa. Pemisahan tiga komponen utama minyak serah wangi, dapat dilakukan dengan distilasi fraksinasi pengurangan tekanan. Sitronelal diperoleh sebanyak 10 g dengan % AUC 81,30% dan 210 g dengan % AUC 99,14%. Berdasarkan % AUC dari hasil isolasi dapat disimpulkan bahwa isolasi sitronelal dengan metode distilasi fraksinasi pengurangan tekanan menghasilkan sitronelal dengan kemurnian yang tinggi.

Ekstraksi Minyak Serai Wangi

Prinsip ekstraksi adalah menggunakan pelarut organik yang mudah menguap untuk melarutkan minyak atsiri dalam bahan. Pelarut yang biasa digunakan adalah etanol, n-heksana, dan aseton. Isolasi minyak atsiri yang mudah rusak pada suhu tinggi biasanya menggunakan ekstraksi padat cair. Prinsip dari ekstraksi adalah penggunaan pelarut yang sesuai untuk untuk memisahkan salah satu atau lebih komponen yang terkandung di dalam fase padatan. Keuntungan dari metode ekstraksi yaitu tidak membutuhkan suhu yang terlalu tinggi, dan hanya membutuhkan pelarut saja. Minyak atsiri dengan suhu yang terlalu tinggi akan terdekomposisi.

Ariyani *et al.* (2008), mengambil minyak serai wangi menggunakan metode ekstraksi dengan tiga pelarut metanol, aseton, n-heksana kemudian membandingkan hasilnya. Hasil

penelitian menunjukkan bahwa metanol menghasilkan yield minyak atsiri lebih besar (6,73%) dibandingkan dengan aseton (3,15%) dan n-heksana (0,44%), dan mengekstrak lebih banyak komponen kimia seperti senyawa neral, geraniol, β -myrcene, sitronellal, dan limonene.

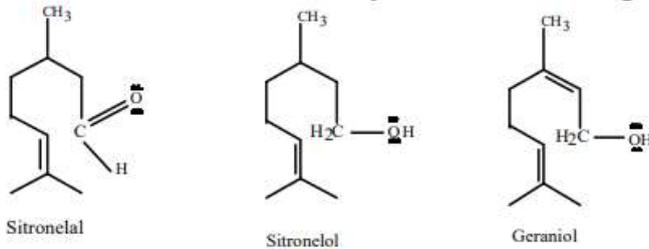
Silva *et al.* (2011), mengekstrak minyak serai wangi menggunakan penggunaan karbon dioksida superkritis untuk mengekstrak minyak atsiri serai wangi. Selama proses menggunakan karbon dioksida superkritis, ekstrak tidak memiliki sisa pelarut, yang dapat membenarkan penerapannya untuk menghasilkan minyak yang lebih murni. Rendemen minyak serai wangi yang diperoleh menggunakan metode ini adalah sebesar 2,2 % pada tekanan 353,15K dan tekanan 18,0 MPa.

Chanthai *et al.* (2012) mengekstrak minyak serai wangi menggunakan tiga metode yaitu *microhydrodistillation* (MHD) dan *accelerated solvent extraction* (ASE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik ASE lebih efisien daripada MHD, karena menghasilkan hasil yang lebih baik dan pengurangan waktu ekstraksi yang signifikan dengan kemampuan ekstraksi otomatis. ASE menggunakan pelarut organik pada suhu dan tekanan tinggi untuk mengekstraksi sampel. Keunggulannya adalah kecepatan, volume pelarut organik sedikit, dan penghilangan analit yang efisien dari berbagai matriks. ASE dapat dilakukan dalam sistem tertutup dengan atmosfer inert dan tidak adanya cahaya, yang merupakan keuntungan besar dalam ekstraksi senyawa, khususnya minyak atsiri, yang mungkin sensitif terhadap degradasi oksidatif atau labil secara termal atau mudah menguap melalui aksi udara atau cahaya.

SINTESIS TURUNAN MINYAK SERAI WANGI

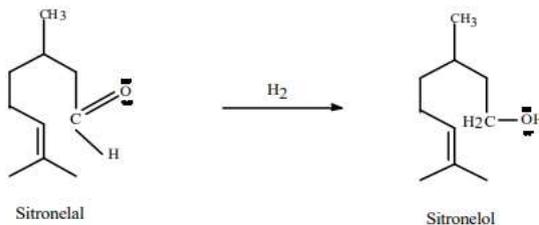
Sitronellal, geraniol, dan sitronellol (Gambar 3.7) merupakan senyawa utama dalam minyak serai wangi dibentuk oleh unsur karbon (C), hidrogen (H), dan oksigen (O) dengan formula unsur C_{10} , $H_{16,18,20}$ dan O merupakan senyawa terpenoid golongan monoterpen (C_{10}). Struktur dari senyawa sitronellal, geraniol dan sitronellol dapat dilihat pada Gambar 3.7. Minyak

atsiri serai wangi ditandai dengan adanya dua kelompok kimia utama, monoterpen dan seskuiterpen, bersama dengan sejumlah besar turunan oksigennya.



Gambar 3.7. Komponen Utama Minyak Serai Wangi

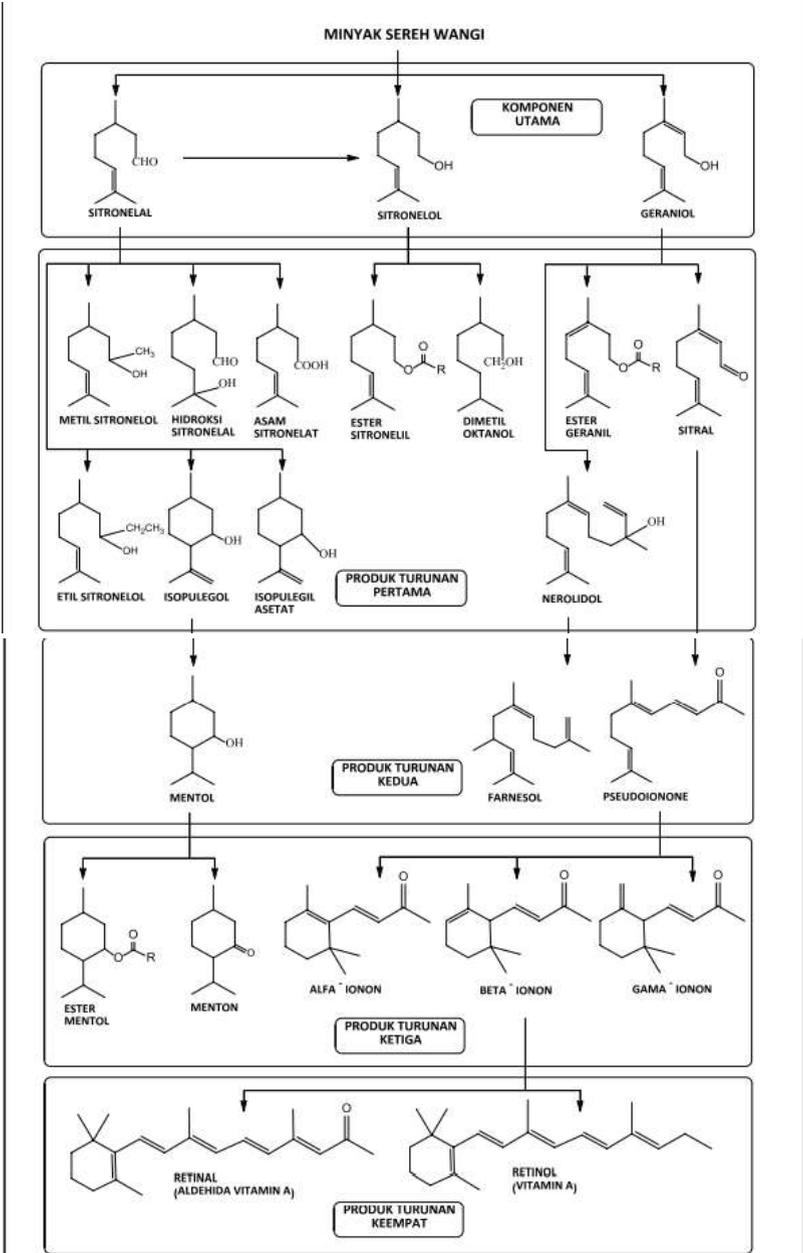
Sitronelal sebagai salah satu komponen utama minyak serai wangi tergolong senyawa aldehida merupakan senyawa yang sangat mudah bereaksi karena adanya ikatan rangkap. Sitronelal dapat mengalami reaksi reduksi dengan hidrida logam sebagai reduktor menjadi alkohol, yaitu sitronelol. Salah satu hidrida logam yang dapat digunakan sebagai pereduksi adalah natrium borohidrid (NaBH_4) (Kaniawati *et al.*, 2004). Reaksi reduksi sitronelal menjadi sitronelol disajikan pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8. Reaksi Reduksi Sitronelal

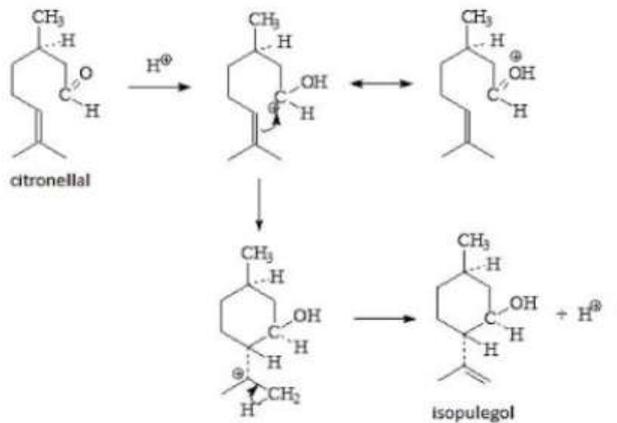
Minyak atsiri memiliki nilai lebih ketika diubah menjadi produk turunannya. Turunan dari sitronelal, sitronelol, dan geraniol menjadi bahan kimia jaddi seperti hidroksi sitronelal, mentol, ester geraniol, dan lain-lain akan memberikan nilai tambah pada minyak serai wangi. Turunan minyak serai wangi melibatkan reaksi yang mengubah gugus fungsi komponen utamanya menjadi

produk turunan yang diinginkan. Produk utama dan produk turunan dari minyak serai wangi dapat dilihat pada Gambar 3.9.



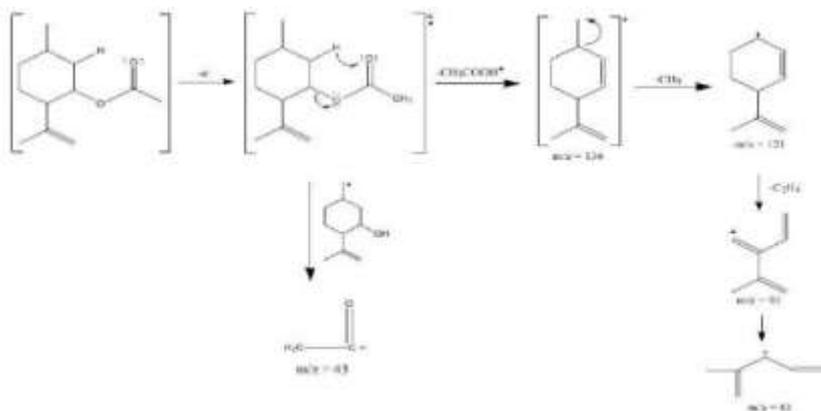
Gambar 3.9. Produk Utama dan Produk Turunan Minyak Serai Wangi

Pada suasana asam, sitronelal memiliki kecenderungan membentuk senyawa siklis, seperti isopulegol. Sitronelal bila direaksikan dengan HCl, H₂SO₄, asam asetat anhidrida, dan pengaruh Al₂O₃ aktif yang bersifat asam, zeolit, bentonit, ataupun lempung aktif dapat mengalami reaksi siklisasi menghasilkan isopulegol (Chuah *et al.*, 2001). Reaksi siklisasi sitronelal menjadi isopulegol disajikan pada Gambar 3.10.



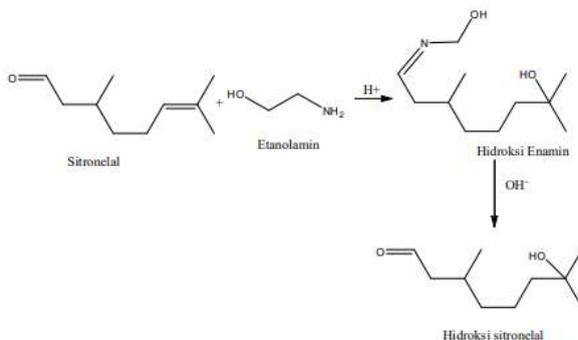
Gambar 3.10. Reaksi Siklisasi Sitronelal

Wahyuningrum *et al.* (2012), mengubah sitronela menjadi isopulegol asetat menggunakan katalis katalis Zr^{4+} -zeolit beta dikaji menggunakan model mekanisme Langmuir-Hinshelwood. Fragmentasi dari sitronelal menjadi isopulegol asetat disajikan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Fragmentasi Sitronelal menjadi Isopulegol Asetat

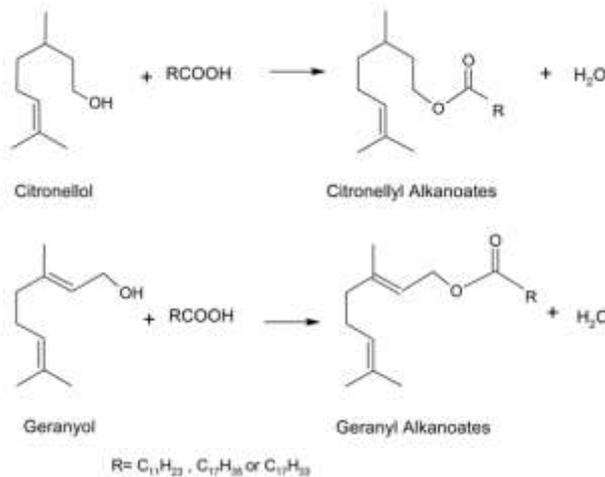
Sitronelal juga dapat diturunkan menjadi senyawa hidroksi sitronelal yang memiliki bau khas mirip bunga lili sehingga sering dijadikan sebagai parfum. Hidroksi sitronelal tidak dapat dibuat secara langsung dari sitronelal karena akan terjadi siklisasi yang membentuk cincin isopulegol. Sehingga, gugus aldehida harus dilindungi agar tidak reaktif menggunakan etanolamin. Reaksi sitronelal menjadi hidroksi sitronelal disajikan pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12. Reaksi Sitronelal Menjadi Hidroksi Sitronelal

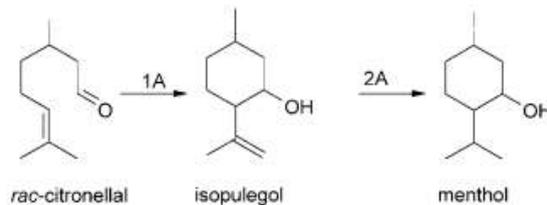
Sitronelol dan geraniol bila diesterifikasi dengan berbagai asam organik akan menghasilkan ester. da Silva Corrêa *et al.* (2020), sintesis ester terpenik yang berasal dari geraniol dan sitronelol (geraniol dan sitronelil alkanolat) melalui reaksi

esterifikasi yang dikatalisis oleh lipase amobil dari *Thermomyces lanuginosus*. Reaksi sintesis sitronelol dan geraniol menjadi ester disajikan pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13. Reaksi Sintesis Sitronelol Dan Geraniol Menjadi Ester

Negoi *et al.* (2010) mensintesis mentol dari reaksi dihidrogenasi isopulegol dengan katalis Raney-Ni. Mentol yang dihasilkan berupa padatan berwarna putih dan memiliki bau khas. Reaksi isopulegol menjadi mentol disajikan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. Reaksi Isopulegol Menjadi Mentol

MANFAAT DAN KHASIAT MINYAK SERAI WANGI

Salah satu minyak atsiri yang diekstraksi dari daun aromatik adalah minyak serai wangi yang diperoleh dari daun serai wangi. Minyak ini digunakan secara luas sebagai sumber bahan

kimia wewangian penting seperti sitronelal, sitronelal dan geraniol, yang banyak digunakan dalam industri sabun, wewangian, kosmetik dan penyedap di seluruh dunia. Manfaat minyak serai wangi lebih lanjut dapat dikelompokkan sebagai berikut.

a. Insektisida

Sejak ribuan tahun, serai wangi dan minyaknya telah digunakan sebagai penolak serangga bahkan sebelum pembuatan penolak serangga sintetik seperti DEET. Minyak serai wangi sebagian besar digunakan sebagai disinfektan dalam mengobati gigitan ular dan sengatan serangga berbisa serta pembersih udara yang membantu menangkal serangga. Selain itu, krim anti nyamuk yang mengandung minyak atsiri *citronella* telah dikembangkan (Yadav *et al.*, 2014). Pada konsentrasi 12,5% minyak serai wangi efektif membunuh larva kutu kuda tropis (*Anocentor nitens*) sedangkan pada konsentrasi 0,006% serai wangi merupakan salah satu bahan aktif produk pestisida, Bug Assassin (Zamora *et al.*, 2015). Produk pestisida ini bersama dengan peppermint, eugenol, Sodium lauryl sulfate memberikan 90% pengendalian tungau laba-laba berbintik (*Tetranychus urticae*).

Toksisitas kontak dan repellensi minyak atsiri serai wangi terhadap semut api merah (*Solenopus invicta*) dan semut argentina (*Linepithema humile*) telah dievaluasi. Ditemukan bahwa 50% semut Argentina terbunuh dalam 34,3 menit oleh minyak serai wangi dan 100% setelah dua puluh empat jam. Di sisi lain, 50,6% semut api impor merah terbunuh pada paparan 24 jam dengan minyak serai wangi dan karenanya menyebabkan kematian yang signifikan (Wiltz *et al.*, 2007). Kandungan terpen dalam minyak atsiri serai wangi memblokir jalur saraf serangga sehingga mengganggu pergerakan dan metabolisme serangga.

b. Antifungal

Aktivitas antijamur minyak atsiri serai wangi diujicobakan terhadap *Aspergillus niger* dan *Penicillium putida*. Minyak atsiri menghambat pertumbuhan *A. niger* pada konsentrasi

yang lebih tinggi (400 mg/L) (De Billerbeck *et al.*, 2001) sedangkan menunjukkan penghambatan pada konsentrasi yang jauh lebih rendah (4 mg/ml) terhadap *P. putida* (Oussalah *et al.*, 2006).

Minyak atsiri serai wangi diujicobakan aktivitas antijamurnya terhadap *Alternaria alternata* (jamur yang merusak buah dan sayuran terutama tomat ceri) dan ditemukan bahwa minyak atsiri serai wangi dengan dosis 1,5 µl/ml sangat efektif terhadap *A. alternata* tanpa efek negatif pada *A. alternata*. kualitas buahnya. Konsentrasi hambat minimum dalam media PDA (*Potato dextrose agar*) ditemukan 1,5 µl/ml (Clemente *et al.*, 2010).

Konstituen minyak atsiri *C. nardus* (sitronelal dan linalool) juga diuji potensi antijamurnya terhadap strain jamur- *A. candidus*, *A. versicolor*, *A. flavus*, *Eurotium amstelodami*, *Penicillium adametzii*, *E. chevalieri*, *P. griseofulvum*, *P. citrinum*, *P. griseofulvum*, dan *P. islandicum* dan ditemukan bahwa citronelal dan linalool yang diperoleh dari minyak atsiri *C. nardus* efektif melawan semua strain jamur ini (Mishra *et al.*, 2013).

c. Antibakteri

Beberapa penelitian yang dilakukan pada aksi bakterisidal minyak atsiri *C. nardus* dapat digunakan secara efisien sebagai agen anti bakteri terhadap patogen manusia seperti *Acinetobacter baumannii*, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Salmonella typhimurium*, dan *Staphylococcus aureus* pada kisaran konsentrasi 1200–20.000 µg/ml. Nilai MIC yang lebih tinggi menunjukkan bahwa itu lebih rentan terhadap patogen manusia. Baik spesies bakteri Gram positif dan Gram negatif dihambat oleh minyak atsiri serai wangi (Hammer *et al.*, 1999). Aktivitas antibakteri yang kuat dari minyak disebabkan oleh adanya komponen elemol (9,1%), citronelol (10,4%), citronelal (16,9%) dan nerol (8%).

Bota *et al.* (2015) telah melakukan analisis literatur review terkait potensi minyak serai wangi (*citronella oil*) Dari tumbuhan *Cymbopogon nardus* L. Sitronellal, geraniol, dan sitronellol adalah kandungan utama pada minyak serai wangi yang

dapat digunakan sebagai antibakteri. Senyawa alam yang diperoleh dari tanaman serai wangi berpotensi sebagai zat aktif untuk menggantikan antibiotika sintesis.

d. Aromaterapi

Sereh mengandung minyak atsiri yang berfungsi sebagai aromaterapi dan anti nyamuk. Lilin aromaterapi merupakan lilin yang dapat digunakan sebagai pengusir nyamuk dan serangga serta dapat digunakan sebagai pewangi ruangan. Al Fatina *et al.* (2021) membuat lilin aromaterapi dari minyak serai wangi sebagai antinyamuk.

Teknik enkapsulasi atau pemadatan minyak atsiri perlu dilakukan karena minyak sereh mudah menguap. Widiанти *et al.* (2016) membuat sediaan enkapsulasi minyak serai wangi inhalasi uap sebagai aromaterapi. Metode enkapsulasi minyak serai wangi yang digunakan adalah koaservasi dengan alginat (COO^-) sebagai polianion, kitosan (NH_2^+) polikation, dan kalsium klorida (Ca^{2+}) sebagai agen pengikat silang.

e. Herbisida

Perkecambahan benih enam spesies gulma seperti billy goat weed (*Ageratum conyzoides*), parthenium ragweed (*Parthenium hysterophorus*), common lambsquarters (*Chenopodium album*), coffee weed (*Cassia occidentalis*), malvastrum berduri (*Malvastrum coromandelianum*) dan rumput kenari biji kecil (*Phalaris minor*) diuji terhadap minyak atsiri serai. Sitronelal (senyawa utama minyak atsiri sereh) diaplikasikan pada benih pada konsentrasi 5, 10, 25, 50 dan 100 μg sitronelal/g pasir, di mana mereka ditanam. Ditemukan bahwa pada konsentrasi 100 $\mu\text{g}/\text{g}$, tak satu pun benih spesies gulma muncul. Spesies gulma yang paling rentan adalah *A. conyzoides* dan *P. hysterophorus* dan tidak muncul bahkan pada perlakuan benih 50 $\mu\text{g}/\text{g}$. Cara kerja minyak atsiri dapat berupa nekrosis yang diikuti dengan kematian jaringan tanaman (Singh *et al.*, 2006).

Ekstrak metanol cair dari daun, akar dan batang *C. nardus* menghambat pertumbuhan gulma umum tertentu di lahan

pertanian seperti selada (*Lepidum sativum L.*), Alfalfa (*Medicago sativa L.*), selada (*Lactuca sativa L.*), ryegrass Italia (*Lolium multiflorum Lam.*), rumput lumbung (*Echinochloa crus-galli L.*) dan padi hutan (*Echinochloa colonum L.*). Penghambatan pertumbuhan yang kuat ditunjukkan terutama oleh ekstrak daun dan akar. Telah ditunjukkan bahwa aktivitas penghambatan pertumbuhan ini disebabkan oleh adanya zat alelopati di *C. nardus* (Suwitchayanon *et al.*, 2013).

f. Antioksidan

Minyak serai wangi ditemukan memiliki sifat antioksidan sedang dengan nilai IC50 206 µg/ml (Sinha *et al.*, 2011). Potensi antioksidan bervariasi dengan metode ekstraksi minyak atsiri *C. nardus*. Minyak atsiri yang diperoleh dengan hidrodistilasi dengan pemanasan ohmik mengandung senyawa antioksidan konsentrasi tinggi seperti sitronelal dan limonena. Ditemukan bahwa sitronelal murni memiliki sifat antioksidan yang baik dengan nilai IC50 sebesar 49 µg/ml (Swerdlow, 2005). Sifat antioksidan dari minyak atsiri bergantung pada suhu dan sebagian besar dipengaruhi oleh pemaparan bahan tanaman pada suhu tinggi yang merusak ekstrak (Ruberto & Baratta, 2000).

g. Pengharum Ruangan

Minyak serai wangi dapat digunakan sebagai pengharum ruangan dimana bau dan serangga menjadi masalah. Selain harum minyak serai wangi juga dapat bertindak sebagai pengusir serangga. Eden *et al.* (2020) membuat gel pengharum ruangan diformulasikan dengan minyak *Cymbopogon winterianus* (*Java citronella*). Minyak serai wangi jawa diisolasi dengan distilasi fraksi vakum batch, dan diuji pengaruhnya terhadap vektor demam berdarah (DB) yang dikenal sebagai *Aedes aegypti*. Selanjutnya gel pengharum ruangan diformulasikan dengan minyak serai wangi jawa, karagenan, gom, natrium benzoat, etilen glikol, polisorbitat 20, natrium klorida, dan aquades, dengan konsentrasi yang bervariasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula I memiliki evaporasi pelepasan terkontrol terbaik untuk sitronelal, sitronelol, dan

geraniol, serta waktu penyimpanan terbaik masing-masing 16,82 hari dan 12,77 hari untuk geraniol dan sitronelol. Berat jenis paling signifikan (0,0136) tercatat pada formula V, sedangkan formula gel I menunjukkan tingkat ketidakstabilan tertinggi pada 35 °C, dengan nilai sineresis 77,11% pada t = 72 jam dan pH 5,33. Selain itu, formula IV pada 5 °C menunjukkan sineresis tertinggi (75,34%) pada t = 72 jam, dengan pH 7,04, sedangkan viskositas puncak 100.958 cP tercatat pada formula IV. Aktivitas repelen masing-masing komponen aktif diukur berdasarkan masa perlindungan yang diberikan terhadap gigitan nyamuk *Aedes aegypti* dalam waktu satu jam, dan hasilnya menunjukkan geraniol dan sitronelol, dengan aktivitas masing-masing 78:00% ± 4:83 dan 77:34 % ± 3:57, sebagai yang paling efektif.

h. Kosmetik

Rita *et al.* (2018) membuat sabun dengan penambahan minyak serai wangi. Penambahan minyak atsiri serai wangi pada sabun transparan berpengaruh nyata terhadap aktivitas antibakteri terhadap *E.coli*, tetapi tidak berpengaruh terhadap *S. aureus*.

Siregar (2020) membuat toner hidrosol serai wangi yang masih mengandung minyak atsiri 0,2% sebagai pembersih wajah yang dapat menjaga kelembaban kulit agar tidak kering. Toner ini digunakan untuk mengangkat kotoran dan sel-sel kulit yang mati. Produk toner dievaluasi dengan melakukan Uji fisik dan kimia, uji organoleptik, dan uji kesukaan atau hedonik agar diperoleh produk Toner yang memenuhi standar dengan khasiat yang lebih dan disukai.

Rinaldi *et al.* (2021) melakukan formulasi dan uji daya hambat sabun cair ekstrak etanol serai wangi (*Cymbopogon nardus L*) terhadap pertumbuhan *Staplylococcus aureus* dengan kategori kuat.

SIMPULAN

Minyak serai wangi menjadi salah satu komoditas dari sembilan jenis minyak atsiri yang paling menonjol sebagai andalan

Indonesia dan berpotensi serta sangat prospektif. Permintaan minyak ini cukup tinggi dan harganya cenderung stabil. Budidaya tanaman serai wangi juga tidak terlalu sulit serta dapat hidup di lahan-lahan kritis.

Kandungan utama minyak serai wangi yaitu sitronelal, geraniol, dan sitronelol yang memberikan bau khas citrus yang disukai oleh konsumen. Varietas Mahapengiri menghasilkan minyak dengan kadar sitronelal dan geraniol yang lebih tinggi dibandingkan varietas Lenabatu. Produksi minyak serai wangi juga harus memenuhi parameter standar mutu SNI 06-3953-1995. Minyak serai wangi ini dapat diperoleh dengan cara penyulingan dan ekstraksi. Minyak ini juga memiliki banyak manfaat dan khasiat antara lain antioksidan, antibakteri, antifungal, pengharum ruangan, herbisida, minyak pijat, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, A., & Jamilah, M., 2021. Kajian Kualitas Minyak Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowitt.) pada CV AB dan PT. XYZ Jawa Barat. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 4(1), pp.63–71.
- Al-Fatina, A., Alifia, R.N., Salsabilah, N., Fauzy, E.A., Sandy, S. A., Eko, P.E., Iriyanto, F., Rofiqotul, U.L., Aulia, R., Fauziyah, N., & Rahmad, R.A., 2021. Pembuatan Minyak Sereh Dan Lilin Aromaterapi Sebagai Anti Nyamuk. *DedikasiMU: Journal of Community Service*, 3(2), pp.837–847.
- Ariyani, F., Setiawan, L.E., & Soetaredjo, F.E., 2008. Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Tanaman Sereh Dengan. *Widya Teknik*, 7(2), pp.124–133.
- Bota, W., Martosupono, M., & Rondonuwu, F.S., 2015. Potensi Senyawa Minyak Sereh Wangi (*Citronella* Oil) Dari Tumbuhan *Cymbopogon Nardus* L. Sebagai Agen Antibakteri. *Jurnal FTUMJ*, 2015, pp.1–8.
- Chanthai, S., Prachakoll, S., Ruangviriyachai, C., & Luthria, D.L., 2012. Influence of Extraction Methodologies on the Analysis of Five Major Volatile Aromatic Compounds of *Citronella* Grass (*Cymbopogon nardus*) and Lemongrass (*Cymbopogon*

- citratu) Grown in Thailand. *Journal of AOAC International*, 95(3), pp.763–772.
- Chuah, G.K., Liu, S.H., Jaenicke, S., & Harrison, L.J., 2001. Cyclisation of Citronellal to Isopulegol Catalysed by Hydrous Zirconia and Other Solid Acids. *Journal of Catalysis*, 200(2), pp.352–359.
- Clemente, M.A., De-Oliveira, M.C.M., Scoralik, M.G., Gomes, F.T., De-Azevedo, P.M.C., & Daemon, E., 2010. Acaricidal Activity of the Essential Oils from *Eucalyptus citriodora* and *Cymbopogon nardus* on Larvae of *Amblyomma cajennense* (Acari: Ixodidae) and *Anocentor nitens* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research*, 107(4), pp.987–992.
- da-Silva, C.L., Henriques, R.O., Rios, J.V., Lerin, L.A., de-Oliveira, D., & Furigo, A., 2020. Lipase-Catalyzed Esterification of Geraniol and Citronellol for the Synthesis of Terpenic Esters. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 190(2), pp.574–583.
- Daniswara, E.F., Rohadi, T.I., & Mahfud., 2017. Ekstraksi Minyak Akar Wangi dengan Metode Microwave Hydrodistillation dan Soxhlet Extraction, *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 1–4.
- De-Billerbeck, V.G., Roques, C.G., Bessière, J.M., Fonvieille, J.L., & Dargent, R., 2001. Effects of *Cymbopogon nardus* (L.) W. Watson Essential Oil on the Growth and Morphogenesis of *Aspergillus niger*. *Canadian Journal of Microbiology*, 47(1), pp.9–17.
- Eden, W.T., Alighiri, D., Supardi, K.I., & Cahyono, E., 2020. The Mosquito Repellent Activity of the Active Component of Air Freshener Gel from Java Citronella Oil (*Cymbopogon winterianus*). *Journal of Parasitology Research*, 2020.
- Fauzi, N., & Jumal, J., 2020. *Cymbopogon Nardus* From Malay Society Tradition Perspectives: An Analysis of Chemical Composition Using Steam Distillation From Scientific Finding. *Ulum Islamiyyah*, 31, pp.19–34.
- Fitri, G., 2017. Determination of Liquid-Vapour Equilibrium Compositions. *Jurnal Reaksi*, 15(1), pp.46–53.
- Hammer, K.A., Carson, C.F., & Riley, T.V., 1999. Antimicrobial Activity of Essential Oils and Other Plant Extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), pp.985–990.

- Hasanah, U., Zulkifli, .T., Wardana, A., & N, C.N., 2021. Isolasi Senyawa Anti Bakteri Geraniol Dari Minyak Sereh Wangi (Citronella Oil) Dengan Menggunakan Distilasi Vakum. *Jurnal Teknologi*, 21(1), pp.32–38.
- Heiba, H.I., & Rizk, A.M., 1986. Constituents of Cymbopogon Species. *Qatar Univ. Sci. Bull*, 6, pp.53–75.
- Kaniawati, Dwi, K.A., & Dwiyanti, G., 2004. Konversi Sitronelal Hasil Isolasi Minyak Sereh Wangi menjadi Sitronelol dan Isopulegol. *Seminar Nasional Penelitian & Pendidikan Kimia*, 1973, pp.1–10.
- Karneta, R., & Wahyuni, R., 2020. Karakteristik Minyak Sereh Wangi dengan Umur Panen Daun dan Lama Destilasi. *Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, pp.978–979.
- Kumoro, A.C., Wardhani, D.H., Retnowati, D.S., Haryani, K., Yustika, S., & Fajar, T.A., 2021. Extraction of Essential Oil from Ultrasound Pre-Treated Citronella Grass (Cymbopogon nardus) Leaves by Hydrodistillation Method. *Chemical Engineering Transactions*, 87, pp.643–648.
- Lahan, L.U., Dan, K., & Tanah, K., 2019. *Prospek Ekonomi Pengembangan Tanaman Seraiwangi (Cymbopogon nardus L) Untuk Lahan*.
- Lely, N., Pratiwi, R.I., & Imanda, Y.L.I.L., 2017. Efektivitas Antijamur Kombinasi Ketokonazol Dengan Minyak Atsiri Sereh Wangi (Cymbopogon nardus (L.) Rendle). *Indonesian Journal of Applied Sciences*, 7(2), pp.10–15.
- Lo, C.M., Han, J., & Wong, E.S.W., 2020. Chemistry in Aromatherapy – Extraction and Analysis of Essential Oils from Plants of Chamomilla recutita, Cymbopogon nardus, Jasminum officinale and Pelargonium graveolens. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 13(3), pp.1339–1350.
- Lubis, M.R., Meilina, H., & Suraiya., 2012. Penyulingan Minyak Sereh Wangi (Cymbopogon nardus) asal Kabupaten Gayo Lues Menggunakan Destilasi Uap. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Riset Dan Standardisasi Industri II*, 1(1), pp.221–234.
- Feriyanto, Y.E., Sipahutar, P.J., Mahfud., & Prihatini, P., 2013. Pengambilan Minyak Atsiri Dari Daun Dan Batang Serai Wangi

- (*Cymbopogon Winterianus*) Menggunakan Metode Distilasi Uap Dan Air Dengan Pemanasan Microwave. *Jurnal Teknik*, 2(1), pp.93–97.
- Mishra, P.K., Singh, P., Prakash, B., Kedia, A., Dubey, N.K., & Chanotiya, C.S., 2013. Assessing Essential Oil Components as Plant-Based Preservatives Against Fungi that Deteriorate Herbal Raw Materials. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 80, pp.16–21.
- Mohamed-Ali, M., 2017. GC-MS Analysis and Antimicrobial Screening of Essential Oil from Lemongrass (*Cymbopogon citratus*). *International Journal of Pharmacy and Chemistry*, 3(6), pp.72.
- Murni., & Rustin, L., 2020. Karakteristik Kandungan Minyak Atsiri Tanaman Serai Wangi (*Cymbopogon nardus L.*). *Prosiding Seminar Nasional Biologi Di Era Pandemi COVID-19, 2020*, pp.227–231.
- Muyassaroh., 2016. Distilasi Daun Kayu Putih Dengan Variasi Tekanan Operasi dan Kekeringan Bahan untuk Mengoptimalkan Kadar Sineol dalam Minyak Kayu Putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), pp.36–41.
- Negoi, A., Wuttke, S., Kemnitz, E., MacOvei, D., Parvulescu, V.I., Teodorescu, C.M., & Coman, S.M., 2010. One-pot Synthesis of Menthol Catalyzed by a Highly Diastereoselective Au/MgF₂ Catalyst. *Angewandte Chemie - International Edition*, 49(44), pp.8134–8138.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., & Lacroix, M., 2006. Antimicrobial Effects of Selected Plant Essential Oils on the Growth of a *Pseudomonas putida* Strain Isolated from Meat. *Meat Science*, 73(2), pp.236–244.
- Panaungi, A.N., Lallo, S., Rante, H., Alam, G., Sartini, S., & Djibir, Y.Y., 2019. Pengaruh Ketinggian Tempat Tumbuh Pada Tanaman Sereh (*Cymbopogon citratus*) dan Aktivitas Antibakteri *Streptococcus mutans*. *Majalah Farmasi Dan Farmakologi*, 23(1), pp.10–12.
- Rinaldi, R., Fauziah, F., & Mastura, R., 2021. Formulasi Dan Uji Daya Hambat Sabun Cair Ekstrak Etanol Serai Wangi (*Cymbopogon*

- nardus L) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 3(1), pp.45–57.
- Rita, W.S., Vinaprilliani, N.P.E., & Gunawan, I.W.G., 2018. Formulasi Sediaan Sabun Padat Minyak Atsiri Serai Dapur (*Cymbopogon citratus* DC.) Sebagai Antibakteri Terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(2), pp.152–160.
- Ruberto, G., & Baratta, M.T., 2000. Antioxidant Activity of Selected Essential Oil Components in Two Lipid Model Systems. *Food Chemistry*, 69(2), pp.167–174.
- Sabuna, C., Wihandoyo., Harimurti, S., & Nurcahyo, W., 2017. *Analysis of Component and Water Holding Capacity from Distillate Waste of Citronella (Cymbopogon nardus) as A Litter Material*. pp.458–463.
- Saidur, R., Elcevvadi, E.T., Mekhilef, S., Safari, A., & Mohammed, H.A., 2011. An Overview of Different Distillation Methods for Small Scale Applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), pp.4756–4764.
- Saputra, N.A., Wibisono, H.S., Darmawan, S., & Pari, G., 2020. Chemical Composition of *Cymbopogon nardus* Essential Oil and Its Broad Spectrum Benefit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 415(1), pp.4–11.
- Sayekti, E., Sapar, A., & Zaharah, T.A., 2013. Isolasi Rhodinol dari Minyak Sereh Jawa Menggunakan Metode Kromatografi Kolom Tekan. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, pp.131–136.
- Siabu, D., 2021. Pemasangan Alat Penyulingan Serai Wangi untuk Petani. *Dinamisia*, 5(5), pp.1107–1113.
- Silva, C.F., Moura, F.C., Mendes, M.F., & Pessoa, F.L.P., 2011. Extraction of Citronella (*Cymbopogon nardus*) Essential Oil Using Supercritical CO₂: Experimental Data and Mathematical Modeling. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(2), pp.343–350.
- Singh, H.P., Batish, D.R., Kaur, S., Kohli, R.K., & Arora, K., 2006. Phytotoxicity of the Volatile Monoterpene Citronellal Against Some Weeds. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal*

- of Biosciences*, 61(5–6), pp.334–340.
- Sinha, S., Biswas, D., & Mukherjee, A., 2011. Antigenotoxic and Antioxidant Activities of Palmarosa and Citronella Essential Oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 137(3), pp.1521–1527.
- Siregar, I.P., 2020. Studi Pemanfaatan Water Aromatic / Hidrosol Sereh Wangi Dalam Pembuatan Kosmetik Face Toner. *Pendidikan Teknik Boga Busana*, 15(1), pp.1–8.
- Suali, E., Juasin, N.S.I., Hamit, F.A.A., Anisuzzaman, S.M., & Asidin, M.A., 2019. Preliminary Study on Oil Extraction and Biogas Production from *Cymbopogon nardus* (Serai Wangi). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 606(1).
- Sukarno, N., Laelandi, R., Qayim, I., & Amelya, M.P., 2022. Karakteristik Mikoriza Arbuskula Tanaman Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.) di Lapangan Ternaungi dan Tidak Ternaungi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), pp.109–119.
- Suwitchayanon, P., Pukclai, P., & Kato-Noguchi, H., 2013. Allelopathic Activity of *Cymbopogon nardus* (Poaceae): A Preliminary Study. *Journal of Plant Studies*, 2(2), pp.1–6.
- Swerdlow, N.R., 2005. Tourette syndrome: Current controversies and the battlefield landscape. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 5(5), pp.329–331.
- Variyana, Y., Mahfud, M., Ma'Sum, Z., Ardianto, B.I., Syahbana, L.P., & Bhuana, D.S., 2019. Optimization of Microwave Hydro-Distillation of Lemongrass Leaves (*Cymbopogon nardus*) by Response Surface Methodology. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(1).
- Wahyuningrum, R., Cahyono, E., & Siadi, K., 2012. Kinetika Reaksi Siklisasi-Asetil Sitronelal menjadi Isopulegil Asetat Terkatalisis Zr^{4+} Zeolit Beta. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 1(2), pp.116–121.
- Wany, A., Kumar, A., Nallapeta, S., Jha, S., Nigam, V.K., & Pandey, D.M., 2014. Extraction and Characterization of Essential Oil Components Based on Geraniol and Citronellol from Java citronella (*Cymbopogon winterianus* Jowitt). *Plant Growth Regulation*, 73(2), pp.133–145.

- Weng, D.C.J., Latip, J., Hasbullah, S.A., & Sastrohamidjojo, H., 2015. Optimal Extraction and Evaluation on the Oil Content of Citronella Oil Extract from *Cymbopogon nardus*. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 19(1), pp.71–76.
- Widiyanti, D.G.C.E., & Lestari, F., 2016. Enkapsulasi Minyak Serai Wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowett) Inhalasi Uap Aromaterapi. *Prosiding Farmasi*, 2(4), pp.585–591.
- Wijayanti, L.W., 2015. Isolasi Sitronellal dari Minyak Sereh Wangi (*Cymbopogon winterianus* Jowit) dengan Destilasi Fraksinasi Pengurangan Tekanan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Komunitas*, 12(1), pp.22–29.
- Wiltz, B.A., Suiter, D.R., & Gardner, W.A., 2007. Deterrency and Toxicity of Essential Oils to Argentine and Red Imported Fire Ants (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Entomological Science*, 42(2), pp.239–249.
- Yadav, N.P., Rai, V.K., Mishra, N., Sinha, P., Bawankule, D.U., Pal, A., Tripathi, A.K., & Chanotiya, C.S., 2014. A Novel Approach for Development and Characterization of Effective Mosquito Repellent Cream Formulation Containing Citronella Oil. *BioMed Research International*, 2014.
- Zamora, D., Klotz, S.A., Meister, E.A., & Schmidt, J.O., 2015. Repellency of the Components of the Essential Oil, Citronella, to *Triatoma rubida*, *Triatoma protracta*, and *Triatoma recurva* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Journal of Medical Entomology*, 52(4), pp.719–721.

BAB IV. WEATHERING PREVENTION (WEAPTION) OIL SEBAGAI UPAYA PENCEGAHAN PELAPUKAN BATUAN CANDI PADA SITUS CAGAR BUDAYA BERBASIS MINYAK ATSIRI DARI WASTE ORGANIK

Risna¹, Angelina Amalia Putri², Yusiva Hidayati³, Budi Astuti⁴

¹Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA, Universitas Negeri
Semarang

²Program Studi Pendidikan IPA FMIPA, Universitas Negeri
Semarang

³Program Studi Pendidikan IPA FMIPA, Universitas Negeri
Semarang

⁴Program Studi Fisika FMIPA, Universitas Negeri Semarang

Email: b_astuti79@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.150>

ABSTRAK

Cagar budaya merupakan aset penting bagi Indonesia yang perlu dijaga kelestariannya. Tujuan penelitian ini untuk membuat inovasi produk pencegahan pelapukan dalam pelestarian bangunan candi pada situs cagar budaya berbasis minyak atsiri dari waste organik. Pencegahan pelapukan candi akibat lumut dan pembekuan air dilakukan dengan pelapisan *weaption oil* pada batuan candi. *Weaption Oil* merupakan formulasi minyak atsiri dan nigarin untuk mengatasi biodeteriorasi pada batuan candi. Minyak atsiri diambil dengan metode hidroddestilasi dari bahan alami berupa serih wangi, kulit jeruk dan jahe dengan perbandingan terbaik 1:2:2 kemudian diformulasikan dengan nigarin. Kandungan senyawa dalam minyak atsiri dari ketiga bahan diketahui dengan pengujian GC-MS dengan hasil senyawa *alfa.-Pinene*, *2.-beta.-Pinene*, *beta.-Phellandrene*, *Cyclohexene*, *Linalool* yang mampu mencegah serta menghambat pertumbuhan lumut dan jamur pada batuan candi. Uji kandungan nigarin (*bittern*) melalui metode uji *Titrimetri*,

Spektrofotometri, Gravimetri, dan AAS untuk mengetahui kandungan dalam *bittern* sehingga mampu dianalisis magnesium sebesar 7,32% mampu mencegah pembekuan air pada pori-pori batuan candi. Selanjutnya dilakukan uji antibakteri untuk mengetahui aktivitas antibakteri terhadap bakteri *E-coli* dengan zona hambat sebesar 1,2 mm dan pada bakteri *Bacillus subtilis* sebesar 7,1 mm. Terakhir, dilakukan uji pemberian "*Weaption Oil*" dengan perbandingan komposisi minyak atsiri dan nigarin terbaik 4:2 yang diaplikasikan pada batuan candi sehingga mampu mencegah pertumbuhan lumut selama 1 bulan pada suhu 15-20°C.

Kata kunci: Pelapukan, Minyak Atsiri, Organik

PENDAHULUAN

Berdasarkan UU No. 11 Tahun 2010 tentang cagar budaya, pengelolaan cagar budaya dilakukan oleh badan pengelolaan yang telah dibentuk oleh pemerintah, pemerintah daerah, dan/atau masyarakat adat. Benda cagar budaya harus dilindungi keberadaannya dari kepunahan dan kerusakan akibat proses alam seperti hujan asam, jamur, cendawan dan mikroba. Beberapa jenis mikroba yang banyak tumbuh di batuan yaitu fungi, jamur, dan alga. Mikroba tersebut mudah berkembang pada batuan, batu pasir, granit, batu kapur, dan gypsum (Burford *et al.*, 2003). Menurut data Inventarisasi dan Pengklasifikasian Bangunan dan Kawasan Konservasi Kota Semarang Tahun 2012, Kota Semarang memiliki 315 bangunan pusaka dan 16 kawasan pusaka (Puspitasari dan Yuliani, 2019).

Peninggalan-peninggalan bersejarah ini perlu dijaga agar tetap utuh, sehingga dapat menceritakan sejarah masa lampau. Pada kenyataannya, akibat beberapa faktor seperti pelapukan, bangunan bersejarah kini semakin rapuh dan rusak. Sifat dan karakteristik batuan sangat penting untuk mengetahui kemungkinan penyebab terjadinya pelapukan sehingga lebih efektif dalam penanganannya.

Selanjutnya, pertumbuhan mikroba pada cagar budaya tergantung pada faktor lingkungan seperti ketersediaan air, pH,

iklim, sumber nutrisi, komposisi batuan, porositas, dan permeabilitas batuan. Selama ini proses pelestarian pada cagar budaya masih menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya dan beracun seperti 5-bromo-3-sec-butyl-6methyluracil (Hyvar-X), xylophene, aldrin, malathion, parathion, DDT (Dichloro Diphenyl Trichloroethane) dan CCA (Chromated Copper Arsenat). Bahan-bahan tersebut bersifat karsinogenik dan mutagenik sehingga penggunaannya tidak diperbolehkan oleh Badan Pelestarian Cagar Budaya (Riyanto, 2014).

Sebagai salah satu negara tropis Indonesia memiliki keanekaragaman tanaman penghasil minyak atsiri seperti serai dapur, minyak cengkeh (*Eugenia aromatica*), minyak serai wangi (*Andropogon nardus*), Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe), kulit jeruk dan minyak kayu manis (*Cinnamomum* spp.), yang mengandung senyawa pestisida berbasis minyak atsiri telah lolos registrasi dari EPA (Environmental Protection Agency) dan dinyatakan aman dari GRAS (Generally Recognized as Safe) (Koul *et al.*, 2007) sehingga ramah terhadap manusia dan lingkungan.

Batuan pada cagar budaya khususnya candi sebagian besar terdiri atas batuan andesit yang memiliki ciri berpori banyak. Pori yang banyak pada batuan andesit menyebabkan bervariasinya nilai porositas sehingga memungkinkan untuk tertampungnya air. Penampungan air pada pori-pori batuan andesit menyebabkan terbentuknya lingkungan yang mendukung untuk pertumbuhan mikroorganisme perintis dan menyebabkan terjadinya biodeteriorasi (Konservasi Borobudur, 2012; Kanaori *et al.*, 2000; Buscot, 2000). Biodeteriorasi batuan merupakan adanya agen biodeteriogen berupa mikroorganisme yang berperan dalam proses pelapukan batuan. Adanya proses pelapukan yang disebabkan oleh biodeteriogen antara lain dari bakteri, algae, lichen, maupun lumut (Habibi, 2016).

Permasalahan kerusakan batuan cagar budaya yang disebabkan oleh biodeteriorasi dapat dicegah melalui analisa penanganan melalui zat alami sebagai salah satu upaya mempertahankan keberadaan Cagar Budayanya. Sehingga minyak atsiri yang berasal dari Jahe, kulit jeruk dan serai wangi yang

divariasikan dengan nigarin atau sari bahari dapat dijadikan sebagai alternatif pelestarian cagar budaya.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah *Qualitative research* (riset kualitatif), merupakan jenis penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan yang tidak dapat dicapai dengan menggunakan prosedur statistik atau cara kuantifikasi lainnya. Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Candi Gedongsongo yang beralamat di Desa Candi, Bandungan, dan Desa Jubelan, Sumowono, Semarang, Jawa Tengah pada tanggal 10 September 2019 - 28 Januari 2020. Penelitian dimulai dari tahap pengumpulan data yang meliputi: (1) Study Literatur yang dilakukan dengan cara mempelajari dan membaca buku, literatur baik dari media elektronik maupun media cetak yang ada hubungannya dengan permasalahan yang menjadi obyek penelitian. (2) Observasi yang menggunakan teknik observasi kualitatif yang dilakukan dengan cara mengamati secara langsung ketempat obyek penelitian dan melakukan pengamatan di lingkungan masyarakat sekitar, serta pengunjung- pengunjung yang berkunjung ke objek penelitian. (3) Wawancara dan sosialisasi kepada beberapa narasumber dari Juru Pelihara Cagar Budaya BPCB Jawa Tengah di Kawasan Candi Gedongsongo, Kepala Bagian Seksi Cagar Budaya Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kabupaten Kendal, serta Staff Seksi Cagar Budaya Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kabupaten Kendal. (4) Dokumentasi berupa hasil pemotretan candi itu sendiri dan pemotretan terhadap narasumber-narasumber beserta peneliti ketika melakukan penelitian di Kawasan Candi Gedongsongo. (5) Uji Laboratorium untuk menguji kandungan minyak atsiri dari Jahe, Kulit jeruk, dan Sereh wangi serta nigarin sebagai bahan utama dari pembuatan produk bahan alami pencegah pelapukan pada bebatuan candi Gedongsongo.

Prosedur Kerja

Pembuatan produk "*Weaption Oil*" dalam penelitian ini meliputi: a) Pengumpulan bahan baku (*pre-treatment*) berupa jahe,

kulit jeruk, serai wangi, dan nigarin dan juga peralatan berupa alat destilasi, pisau, baskom, blender, dan penyaring. b) Pencucian (*washing*) bahan berupa jahe, kulit jeruk, serai wangi hingga bersih menggunakan air mengalir. c) Pemotongan (*cutting*) bahan baku jahe, kulit jeruk, dan serai wangi dengan menggunakan pisau yang bertujuan untuk memperkecil ukuran bahan sehingga mempermudah dalam proses penghalusan. d) Penghancuran (*smashing*) bahan baku berupa jahe, kulit jeruk, dan serai wangi yang telah dipotong, dihancurkan dengan menggunakan blender yang bertujuan untuk mengeluarkan minyak dari ketiga bahan. e) Penyaringan (*Filtering*) berupa jahe, kulit jeruk, dan serai wangi yang telah dihaluskan dengan menggunakan kain kasa untuk memisahkan sarinya. f) Penyulingan (*Distillation*) dilakukan dengan alat distilasi buatan untuk memisahkan air dan minyak atsiri melalui metode hidrodestilasi yaitu suatu metode dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, dimana material mentah mengalami pemecahan struktur kimia pada suhu 70°C menjadi fase gas yang kemudian dilakukan pendinginan menggunakan aliran air sehingga menghasilkan minyak berupa minyak atsiri. g) Pendinginan (*Cooling*) bertujuan untuk mengurangi suhu panas pada minyak atsiri sebelum pencampuran dengan nigarin.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Weapon Oil Berbasis Minyak Atsiri

Minyak atsiri diperoleh dari proses destilasi dari bahan-bahan seperti serai wangi, kulit jeruk dan belimbing wuluh. Proses destilasi yang digunakan adalah tiga tahap dan dari hasil destilasi tahap ketiga bahan sebanyak 750 gram serai wangi, 1500 gram kulit jeruk, dan 1500 gram belimbing wuluh diperoleh minyak atsiri sebanyak 20 gram. Yield minyak atsiri dari proses destilasi di hitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Yield Minyak atsiri} = \frac{\text{massa minyak atsiri}}{\text{massa total bahan minyak atsiri}} \times 100\%$$

Dari perhitungan tersebut diperoleh bahwa Yield minyak atsiri sebesar 0,534%, yang artinya bahwa hampir separuh dari bahan

dasar yang digunakan dapat menghasilkan minyak atsiri. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa produksi minyak atsiri dari bahan waste organic cukup efektif sebagai salah satu Langkah atau Gerakan untuk mengurangi limbah organic dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi dan bermanfaat luas sebagai anti bakteri (Karimah & Aryani, 2021; Cui *et al.*, 2019), Anti Inflamasi (Cendana *et al.*, 2021), anti mikroba (Motelica *et al.*, 2021), antibacterial pada food packaging (Ju *et al.*, 2019) dan lain-lain. Warna minyak Atsiri yang dihasilkan dari bahan sereh wangi, kulit jeruk dan blimbing wuluh

Pada proses pembuatan *weapon oil* berbasis minyak atsiri dilakukan dengan cara mencampurkan minyak atsiri dengan air suling dan nigarin dengan komposisi seperti ditunjukkan Tabel 4.1.



Air Suling



Minyak Atsiri



Nigarin

Uji Antibakteri Minyak Atrisi (Jahe, Serai Wangi, dan Kulit Jeruk)

Uji antibakteri minyak atsiri yang berasal dari jahe, serai wangi dan kulit jeruk mampu menghambat pertumbuhan mikroba uji dengan variasi rata-rata diameter daerah bebas mikroba yang terbentuk. Hal ini disebabkan karena kandungan beberapa komponen senyawa aktif dalam minyak atsiri seperti linalool. Uji Antibakteri dilakukan untuk mengetahui berapa besar daya hambat minyak atsiri dari serai wangi, kulit jeruk dan jahe

terhadap mikroba. Uji tersebut dilakukan di Laboratorium Kimia FSM Universitas Kristen Satya Waca pada tanggal 24 Januari 2020. Minyak atsiri (serai wangi, jahe, dan kulit jeruk) mempunyai zona hambat terhadap bakteri *Escherichia coli* sebesar 1,2 mm. Sedangkan zona hambat minyak atsiri terhadap bakteri *Bacillus subtilis* sebesar 7,1 mm.

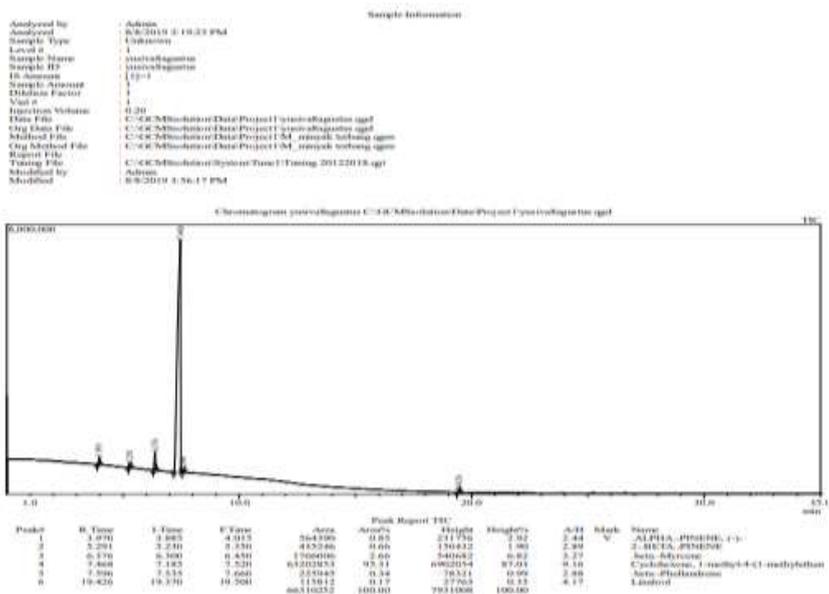
Uji GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*)

Uji GC-MS (*Gas Chromatography Mass Spectrometry*) dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa kimia minyak atsiri dari serai wangi, kulit jeruk dan jahe di dalam protein yang terdapat di dalam "Weaption Oil". Uji tersebut dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang pada tanggal 15 September 2019. Data hasil pengujian GC-MS kandungan minyak atsiri dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Kandungan Senyawa "*Weaption Oil*"

R. Time	Nama Senyawa	Area %
3.970	<i>Alpha Pinene</i>	0.85
5.291	<i>2 - Beta Pinene</i>	0.66
6.376	<i>Beta Myrcene</i>	2.66
7.468	<i>Cyclohexene</i>	95.31
7.596	<i>Beta Phellandrene</i>	0.34
19.426	<i>Linalool</i>	0.17

Dari data yang diperoleh, kandungan minyak atsiri pada produk *Weaption Oil* mampu digunakan sebagai bahan alami pencegah serta penghambat pertumbuhan lumut pada batuan candi. Dengan kandungan senyawa aktif di antaranya *.ALPHA-PINENE*, *2-BETA-PINENE*, *beta-Phellandrene*, *Cyclohexene*, *Linalool* yang terdapat pada minyak atsiri mampu mencegah serta menghambat pertumbuhan lumut dan jamur pada batuan candi. Hasil Uji GC-MS kandungan minyak atsiri dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil Uji GC-MS Kandungan Minyak Atsiri

Uji Kandungan Nigarin

Nigarin atau bittern merupakan larutan sisa pembuatan garam dengan proses kristalisasi dan peningkatan konsentrasi pada air laut. Uji kandungan nigarin atau bittern melalui metode uji Titrimetri, Spektrofotometri, Gravimetri, dan uji AAS yang dilakukan untuk mengetahui kandungan senyawa kimia dalam Bittern sehingga mampu dianalisis senyawa magnesium mampu menghambat pertumbuhan lumut dan pembekuan air pada pori-pori batuan candi. Uji tersebut dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Baristand Industri Surabaya. (Terlampir) Dari data yang diperoleh, kandungan magnesium sebesar 7,32% pada produk "Weaption Oil" mampu digunakan sebagai bahan alami pencegah pembekuan air pada pori-pori batuan candi.

Uji Rendemen Efektifitas "Weaption Oil"

Hasil isolasi minyak atsiri pada serah wangi, kulit jeruk dan jahe yang diperoleh dengan metode hidrodistilasi menggunakan alat destilasi. Dari hasil destilasi ketiga bahan sebanyak 750 gram jahe, 1500 gram kulit jeruk, dan 1500 gram serai wangi diperoleh

minyak atsiri sebanyak 30 gram. Penggunaan “*Weaption Oli*” dapat diaplikasikan sebagai bahan pencegah dan pembasmi lumut atau jamur pada batuan candi. Minyak atsiri yang digunakan adalah campuran dari minyak atsiri jahe, kulit jeruk, dan sereh wangi dan nigarin.

Dari sebanyak 3750 gram bahan mentah diperoleh minyak atsiri sebanyak 30 gram (b/b) dengan persentase sebesar 0,8 % yang diperoleh dari perhitungan berikut:

$$x = \frac{\text{Berat Minyak Atsiri}}{\text{Berat (sereh+kulit jeruk+jahe)}} \times 100\% \quad (1)$$

$$x = \frac{30 \text{ gram}}{3750 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$x = 0,8\%$$

Pengolahan minyak atsiri pada penelitian ini dengan menggunakan metode hidrodistilasi yaitu suatu metode dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau reagen lainnya, dimana material mentah mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas yang kemudian dilakukan pendinginan menggunakan aliran air sehingga menghasilkan minyak berupa minyak atsiri. Variasi bahan dalam pembuatan minyak atsiri yang berasal dari ketiga bahan yaitu serai wangi, kulit jeruk dan jahe yang akan dicampurkan sebelum proses destilasi.

Tabel 4.2. Variasi Perbandingan Serai Wangi, Kulit Jeruk dan Jahe Dalam Pembuatan Minyak Atsiri

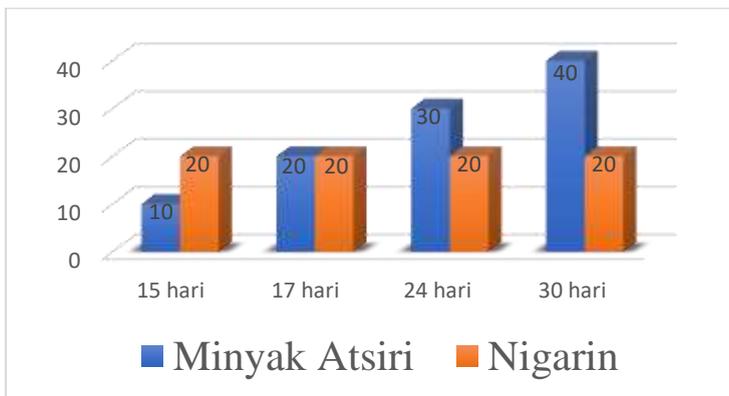
No	Pembuatan Minyak Atsiri			Perolehan Minyak (ml)	Rendemen (%)
	Jahe	Kulit Jeruk	Serai Wangi		
1.	750	1500	750	17	0,567%
2.	750	750	750	12	0,533%
3.	750	1500	1500	30	0,8%
4.	1500	750	1500	25	0,667%

Pengaplikasian Weaption Oil secara langsung pada batuan candi menggunakan metode True Experiment. Metode ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh pemberian Weaption Oil dengan berbagai variasi sebagai bahan pencegah pertumbuhan lumut pada batuan candi dan benda cagar budaya berdasarkan lama waktu pencegahan. Setelah itu dilakukan variasi perbandingan antara minyak atsiri dan nigarin yang akan dicampurkan.

Tabel 4.3. Variasi Perbandingan Jumlah Bahan terhadap Waktu

No	Sampel	Minyak Atsiri (mL)	Nigarin (mL)	Waktu (Hari)
1.	A1	10	20	15
2.	A2	20	20	17
3.	A3	30	20	24
4.	A4	40	20	30

Dari data diatas, menunjukkan bahwa setiap penambahan minyak atsiri mampu meningkatkan efisiensi pencegahan pertumbuhan lumut dan jamur pada batuan candi pada suhu 15-200C. Sehingga pada data diatas dapat diketahui bahwa sampel 4 merupakan sampel produk yang paling efisien dalam pencegahan. Grafik efisiensi lama pertumbuhan lumut dapat dilihat dalam Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Grafik Jumlah Bahan (mL) terhadap Waktu (Hari)

Pada Gambar 4.2 terlihat bahwa kenaikan efisiensi lama pertumbuhan lumut pada batuan candi dipengaruhi oleh kandungan dalam minyak atsiri. Semakin banyak minyak atsiri maka efisiensi produk akan lebih maksimal. Hal ini dikarenakan kandungan senyawa kimia seperti Linanool, Cyclohexene yang terdapat pada minyak atsiri mampu mencegah serta menghambat pertumbuhan lumut dan jamur pada batuan candi.

Analisis SWOT (Strenght, Weakness, Opportunity, Threat)

Sasaran produk "*Weaption Oil*" adalah Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) dan Dinas Kebudayaan serta Pengelola Kawasan Pusaka Cagar Budaya khususnya Candi. Penjualan produk *Weaption Oil* dilakukan secara langsung maupun tidak langsung melalui media sosial dan berkolaborasi dengan beberapa influencer. Pengaplikasian produk "*Weaption Oil*" dapat dilakukan dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan produk "*Weaption Oil*" pada batuan candi sehingga melindungi batuan tersebut dari lumut dan pembekuan air pada pori-pori batu. Penggunaan "*Weaption Oil*" tidak terdapat banyak kendala, karena terbuat dari bahan alami yang ketersediaannya melimpah dan memiliki harga yang cukup terjangkau.

Dalam pengimplementasian produk "*Weaption Oil*" perlu dilakukan sosialisasi terhadap stakeholder yaitu, Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) dan Dinas Kebudayaan khususnya Bidang Cagar Budaya untuk merekomendasikan produk kepada Pengelola Kawasan Pusaka Cagar Budaya. Dalam produk ini, kami menggunakan analisis SWOT yang menggambarkan secara umum tentang usaha yang akan di laksanakan dalam "*Weaption Oil*" sebagai usaha inovatif dan kreatif. Adapun analisis SWOT sebagai berikut:

1. Strength (Kekuatan)

"*Weaption Oil*" merupakan produk pencegah pelapukan kombinasi bahan alami yaitu minyak atsiri dan nigrin yang mampu digunakan untuk mencegah dan menghambat pertumbuhan lumut serta pembekuan air pada pori-pori batuan tanpa merusak struktur fisiknya.

2. **Weakness (Kelemahan)**

Dilihat dari aspek weakness adalah proses pembuatan salah satu bahan baku "*Weaption Oil*" yaitu minyak atsiri membutuhkan waktu yang cukup lama. Selain itu minyak atsiri juga bersifat mudah menguap/volatil dan beberapa jenis mudah teroksidasi sehingga minyak atsiri mudah mengalami kerusakan.

3. **Opportunity (Peluang)**

"*Weaption Oil*" merupakan produk baru dari bahan alami yang mampu mencegah pelapukan yang aman tanpa menimbulkan kerugian/ efek samping dalam pengaplikasiannya. Selain itu pengaplikasian "*Weaption Oil*" sangat mudah dan memiliki daya tahan mencegah pertumbuhan lumut dan pembekuan air pada pori-pori batuan yang relatif lama.

4. **Threat (Ancaman)**

Produk "*Weaption Oil*" produk baru yang dikhawatirkan tidak diminati dengan baik karena banyak produk penghambat pertumbuhan lumut yang lebih efisien menggunakan bahan kimia. Dalam mengatasi masalah tersebut maka promosi dan sosialisasi produk ini dilakukan melalui berbagai media.

Penerapan pada Kehidupan Sehari-hari

"*Weaption Oil*" diproduksi dalam kemasan botol 120 ml dan 4 buah produk *Weaption Oil* mampu digunakan untuk satu buah bangunan candi dengan daya tahan pencegahan selama satu bulan pada suhu 15-20°C. Sasaran produk "*Weaption Oil*" adalah Badan Pelestarian Cagar Budaya (BPCB) dan Dinas Kebudayaan serta Pengelola Kawasan Pusaka Cagar Budaya khususnya Candi.

Selain ditujukan utamanya untuk pencegahan pelapukan batuan candi, produk ini juga dapat dimanfaatkan pada trand rumah saat ini yang menggunakan batuan alam sebagai hiasan dinding. Finishing fasa di "*Weaption Oil*" ini dapat digunakan untuk melindungi ornamen pada bangunan rumah tinggal yang terbuat dari batuan alam, seperti hiasan berupa burung, patung dari batuan dan juga relief dari batuan pada dinding rumah-rumah mewah.

SIMPULAN

Simpulan yang didapat dari penulisan ini adalah proses pembuatan “*Weaption Oil*” melalui tahapan *pre-treatment, cutting, smashing, filtering, distillation and cooling*. “*Weaption Oil*” efektif sebagai produk pentabelcega pelapukan batuan candi dengan daya hambat selama 30 hari pada situs cagar budaya. “*Weaption Oil*” terbuat dari campuran minyak atsiri dengan kandungan senyawa aktif berupa *alpha-pinene, betha-pinene, betha-philendrene, cyclohexene* dan *linalool* yang mampu menghambat perkembangan jamur serta kandungan magnesium dalam nigrin yang mampu mencegah pembekuan air pada pori batuan. “*Weaption Oil*” dapat meningkatkan nilai jual pada limbah kulit jeruk yang didistilasikan dengan jahe dan serai wangi sehingga memiliki kandungan minyak atsiri tinggi dengan rendemen keefektifan sebesar 0,8%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Zainudin selaku Juru Pelihara Cagar Budaya BPCB Jawa Tengah di Kawasan Candi Gedongsongo, Bapak Suwandi selaku Kepala Bagian Seksi Cagar Budaya Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kabupaten Kendal, Bapak Isnaeni Setyawan, dan Bapak Bapak Yuhan selaku Staff Seksi Cagar Budaya. Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Kabupaten Kendal.

DAFTAR PUSTAKA

- Burford, P.E., Kierans, M., & Gadd, M.G., 2003. Geomycology: Fungi in Mineral Substrata. *Mycologist*, 17, pp.98-107.
- Buscot, F., 2000. *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. Berlin: Springerlink, pp.65-66.
- Cendana, Y., Adrianta, K.A., & Suena, Ni M.D.S., 2021. Formulasi Spray Gel Minyak Atsiri Kayu Cendana (*Santalum album L.*) sebagai Salah Satu Kandidat Sediaan Anti Inflamasi. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 7(2), pp.84-89.

- Chutia, M., Bhuyan, DP., Pathak, MG., Sarma, TC., & P, Boruah., 2009. Antifungal Activity and Chemical Composition of Citrus Reticulata Blanco Essential Oil Against Phytopathogens from North East India. *Journal Food Science and Technology*, 42, pp.777-780.
- Cui, H., Zhang, C., Li, C., & Lin, L., 2019, Antibacterial Mechanism of Oregano Essential Oil, *Industrial Crops and Products*, 139(1), pp.111498.
- Habibi, Moh., 2016. Identifikasi Biodeteriogen sebagai Langkah Awal Konversi Benda Cagar Budaya. *Jurnal Konversi Cagar Budaya Borobudur*, 10(2), pp.23-30.
- Irwan, A., & Rosyidah, K., 2019. Potential of Essensial Oils from Limau Kuit: Local Lime Fruit of Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Basah*, 4(1), pp.197-202.
- Ju,J., Chen, X., Xie, Y., Yu, H., Guo, Y., Cheng, Y., Qian, He., & Yao, W., 2019, Application of Essential Oil as a Sustained Release Preparation in Food Packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 92, pp.22-32.
- Kanaori, Y., Anaka, K., & Chigira, M., 2000. *Engineering Geological Advances in Japan for the New Millenium*. Amsterdam: Elsevier, pp.315.
- Kasuan, N., Muhammad, Z., Yusoff, Z., Rahiman, M.H.F., Taib, M.N., & Haiyee, A.Z., 2013. Extraction of Citrus hystrix d.c. (kaffir lime) Essential Oil Using Automated Steam Distillation Process: Analysis of Volatile Compounds. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 17(3), pp.359-369.
- Konservasi Borobudur., 2012. *Candi Borobudur*.
- Koul, O., Singh, G., Singh, R., & Singh, J., 2007. Mortalityand Reproductive Performance of Tribolium castaneum Exposed to Anethole Vapours at High Temperature. *Biopestic*, 3, pp.126-137.
- Manadiyanto., & Arthantiani, F.Y., 2011. Pemanfaatan Limbah Pembuatan Garam sebagai Upaya Peningkatan Pendapatan Petambak Garam di Pulau Madura. *Jurnal Balai Besar Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 2011.

- Nakahara, K., Alzoreky, S.N., Yoshihashi, T., Nguyen, H.T., & Trakoontivakorn, G., 2003. Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil From *Cymbopogon nardus* (Citronella grass). *JARQ Japan: Japan International Research Center for Agricultural Sciences*, 37(4), pp.249-52.
- Karimah, N., & Aryani, R., 2021. Studi Literatur Aktivitas Antibakteri Penyebab Jerawat dari Minyak Atsiri dan Formulasinya dalam Sediaan Mikroemulsi. *Jurnal Riset Farmasi*, 1(1), pp.46-54.
- Motelica, L., Ficai, D., Oprea, O., Ficai, A., Trusca, R.D., Andronescu, E., Holban, D.M., 2021, Biodegradable Alginate Films with ZnO Nanoparticles and Citronella Essential Oil—A Novel Antimicrobial Structure. *Pharmaceutics*, 13(7), pp.1-24.
- Nurmansyah., 2016. Uji Efektivitas Beberapa Minyak Atsiri terhadap Pertumbuhan *Microsporum Canis* Secara in Vitro. *Jurnal Kesehatan Andalas*, 5(1), pp.49-52.
- PDSPK Kemdikbud Statistik Kebudayaan., 2019. *Pusat Data dan Statistik Pendidikan dan Kebudayaan*. Jakarta: Setjen, Kemdikbud.
- Puspitasari, A.Y., & Yuliani, E., 2019. Konsep Pemanfaatan Bangunan Cagar Budaya di Kawasan Kota Lama Semarang. *Jurnal Planologi*, 16(1), pp.121-135.
- Riyanto., 2014. Minyak Atsiri sebagai Bahan Aktif Konservasi Benda Cagar Budaya. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya Borobudur*, 8(2).
- Kementerian Negara Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia., 2010. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 tahun 2010 Tentang Cagar Budaya*. Jakarta: Kementerian Negara Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

BAB V. PENGARUH *BLANCHING* PADA PEMBUATAN SIMPLISIA KULIT BUAH NAGA MERAH

**Octavianti Paramita¹, Adhi Kusumastuti², Melissa Ardelia
Hadiasmoro¹ dan Nur Amalia Sholeha¹,**

¹Program Studi Pendidikan Tata Boga, FT Universitas Negeri
Semarang

²Program Studi Pendidikan Tata Busana, FT Universitas Negeri
Semarang

octavianti.paramita@mail.unnes.ac.id

adhi_kusumastuti@mail.unnes.ac.id

melissaardhdsr.18@students.unnes.ac.id

nuramalia.sholeha01@students.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.151>

ABSTRAK

Zat pewarna alami dapat diperoleh dari tumbuhan maupun hewan. Salah satu tumbuhan yang mengandung zat warna alami adalah limbah kulit buah naga merah. Simplisia adalah bahan utama dalam pembuatan zat warna alami terutama pada proses ekstraksi dari bahan alam yang telah dikeringkan yang digunakan untuk pengobatan dan belum mengalami pengolahan, kecuali dinyatakan lain suhu pengeringan tidak lebih dari 60 °C. Simplisia yang aman dan berkhasiat adalah simplisia yang tidak mengandung bahaya kimia, mikrobiologis, dan bahaya fisik, serta mengandung zat aktif yang berkhasiat. Untuk mendapatkan zat warna yang baik diperlukan simplisia yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dan mempunyai warna yang baik. Perlakuan awal yaitu Hot Water blanching, Steam Blanching, Microwave Blanching pada pembuatan simplisia kulit buah naga merah (*hylocereus polyrhizus*) sangat berpengaruh dengan hasil. Metode blanching yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada kulit buah naga yaitu pada simplisia dengan metode Steam Blanching.

Kata Kunci: Simplisia, Kulit Buah Naga Merah, *Blanching*

PENDAHULUAN

Zat warna menurut asalnya terdiri dari zat warna alami dan zat warna sintetik. Bahan pewarna sintesis lebih banyak digunakan karena mudah diperoleh dan penggunaannya praktis, tetapi penggunaan pewarna sintesis ini dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Kemajuan teknologi mampu menciptakan zat pewarna sintesis dengan berbagai variasi warna [Manurung, M. 2012]. Zat pewarna sintesis memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan zat pewarna alam yaitu antara lain, mudah diperoleh di pasar, ketersediaan warna terjamin, jenis warna beragam dan lebih praktis serta lebih mudah digunakan ([Suarsa, I.W, et.al. 2011]; [Rymbai, H., et.al, 2011]) serta lebih ekonomis [Purnomo, M.A.J. 2004] dan lebih murah [Paryanto et.al. 2012.]; [Rymbai, H., et.al, 2011]). Penggunaan pewarna sintesis akan membahayakan kesehatan karena pewarna sintesis mengandung logam berat [Hidayah T, 2013]. Untuk keamanan konsumen perlu adanya dorongan untuk pengembangan pewarna alami sebagai bahan tambahan makanan [Kartina, et.al, 2013]. Pewarna alami dapat diperoleh dari berbagai tanaman termasuk akar, kulit, daun, bunga dan buah [Suarsa, I.W, et.al. 2011]. Pada 3500 SM (sebelum masehi) manusia telah menggunakan zat pewarna alami yang diekstrak dari sayuran, buah-buahan, bunga, dan serangga [Kant, R. 2012]. Untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penggunaan zat warna alami. Zat pewarna alami dapat diperoleh dari tumbuhan maupun hewan. Salah satu tumbuhan yang mengandung zat warna alami adalah limbah kulit buah naga merah. Mendukung visi Unnes yaitu menjadi universitas berwawasan konservasi, maka dalam penelitian ini akan mengangkat tema pemanfaatan limbah terutama kulit buah naga merah. Jenis-jenis zat warna alami yang sering digunakan untuk pewarna antara lain karotenoid, antosianin dan betalain. Limbah buah naga merah banyak mengandung zat warna alami tersebut antara lain limbah buah naga (antosianin).

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal baik itu berupa warna dan kandungan lainnya perlu adanya proses ekstraksi yang sesuai berdasarkan sifat-sifat zat pewarna tersebut. Ekstraksi adalah pemisahan atau pengambilan satu komponen yang terdapat di dalam suatu bahan padat atau cairan dengan menggunakan bantuan pelarut berdasarkan perbedaan kelarutan antara pelarut dan zat terlarut. Pemisahan terjadi atas dasar kelarutan komponen-komponen dalam campuran pelarut dan zat terlarut [Rymbai, H., et.al, 2011]. Menurut [Purnomo, M.A.J. 2004] zat pewarna alam dapat diperoleh dengan cara ekstraksi dari berbagai bagian tanaman menggunakan pelarut air pada suhu tinggi atau rendah. Pada cara ini zat yang terambil sangat bervariasi tergantung dari jenis sumbernya. Simplisia adalah bahan utama dalam pembuatan zat warna alami terutama pada proses ekstraksi. Simplisia adalah bahan alam yang telah dikeringkan yang digunakan untuk pengobatan dan belum mengalami pengolahan, kecuali dinyatakan lain suhu pengeringan tidak lebih dari 60 OC. Simplisia yang aman dan berkhasiat adalah simplisia yang tidak mengandung bahaya kimia, mikrobiologis, dan bahaya fisik, serta mengandung zat aktif yang berkhasiat. Untuk mendapatkan zat warna yang baik diperlukan simplisia yang memiliki kandungan antioksidan yang tinggi dan mempunyai kandungan proximat yang baik.

SIMPLISIA

Bahan dasar ekstraksi adalah simplisia. Serbuk simplisia Kulit buah naga merah adalah bentuk serbuk dari simplisia Kulit buah naga merah, dengan ukuran derajat kehalusan tertentu. Sesuai dengan derajat kehalusannya, dapat berupa serbuk sangat kasar, kasar, agak kasar, halus, dan sangat halus. Serbuk simplisia Kulit buah naga merah tidak boleh mengandung fragmen jaringan dan benda asing yang bukan merupakan komponen asli dari simplisia yang bersangkutan antara lain telur nematoda, bagian dari serangga dan hama serta sisa tanah [Dirjen POM, 1995]. Serbuk adalah campuran homogen dua atau lebih obat yang diserbukkan. Pada pembuatan serbuk kasar, terutama simplisia Kulit buah naga

merah, digerus lebih dulu sampai derajat halus tertentu setelah itu dikeringkan pada suhu tidak lebih dari 60 °C [Anief M., 2007]. Untuk simplisia Kulit buah naga merah tidak boleh menggunakan bagian pertama yang terayak, tetapi harus terayak habis dan dicampur homogen, karena zat warna tidak terbagi rata pada semua bagian simplisia.

Sebelum sampel dibuat simplisia, terlebih dahulu dilakukan preparasi. Yang pertama dilakukan adalah sampel Kulit buah naga merah dicuci dan tiriskan. Ekstraksi adalah pemisahan atau pengambilan satu komponen yang terdapat di dalam suatu bahan padat atau cairan dengan menggunakan batuan pelarut berdasarkan perbedaan kelarutan antara pelarut dan zat terlarut. Efektivitas suatu proses ekstraksi ditentukan oleh kemurnian pelarut, suhu ekstraksi, metode ekstraksi dan ukuran partikel-partikel bahan yang diekstraksi. Semakin murni suatu pelarut dan semakin lama waktu kontak antara pelarut dengan bahan yang diekstraksi pada suhu tertentu, maka ekstrak yang dihasilkan semakin banyak [Geankoplis, C. J. 2003].

BLANCHING

Blansir bahan nabati adalah perlakuan awal untuk menjaga kualitas makanan terutama melalui inaktivasi enzim, dan juga untuk mengurangi volume bahan dengan mengeluarkan udara terperangkap intraseluler, mengurangi mikroba, dan menghilangkan bau dan rasa yang tidak diinginkan [Binsi, P.K, 2009]. Proses blanching dilakukan dengan memanaskan buah dan sayuran dengan cepat ke suhu yang telah ditentukan dan mendiampkannya dalam jangka waktu tertentu biasanya 1 sampai kurang dari 10 menit. Kemudian produk yang telah di blanching segera didinginkan atau segera diteruskan ke proses selanjutnya. Waktu yang diperlukan untuk blanching suatu bahan bergantung pada waktu yang diperlukan untuk menginaktifkan enzim peroksida dan polifenol oksidase. Blanching dalam penelitian ini diterapkan pada kulit buah naga yang akan digunakan sebagai simplisia.

1. Fungsi Blanching

1.1. Inaktivasi Enzim Degradative

Tujuan utama blansing adalah untuk menonaktifkan enzim yang dapat menurunkan kualitas yang bertanggung jawab untuk reaksi deteriorasi yang berkontribusi pada rasa, bau, warna dan tekstur yang tidak diinginkan serta pemecahan zat gizi. Tujuan lain adalah untuk menghancurkan mikroorganisme yang mengkontaminasi produk [Xiao, H. W, 2017].

1.2. Menghilangkan Sisa Pestisida

Residu pestisida dapat ditemukan pada buah-buahan dan sayuran yang setengah jadi atau dikonsumsi mentah. Apabila dikonsumsi oleh manusia sisa pestisida tersebut dapat menjadi racun dan mengancam kesehatan manusia. Efeknya bervariasi mulai dari sakit kepala dan mual hingga penyakit serius seperti kanker. Blanching dapat dilakukan sebagai upaya dalam pengurangan residu pestisida pada sayuran dan buah-buahan. Pengurangan ini bisa karena degradasi zat beracun ke dalam air yang digunakan saat blansing [Xiao, H. W, 2017].

1.3. Meminimalkan Reaksi Browning Non-Enzimatik

Browning non-enzimatik, terutama reaksi Maillard atau karamelisasi, terjadi pada makanan selama proses penggorengan, mengeringkan, dan menyimpan makanan. Reaksi ini dapat menyebabkan hilangnya warna produk. Reaksi Maillard dan / atau reaksi karamelisasi bergantung pada pengurangan kadar gula produk. Oleh karena itu, mengurangi kadar gula reduksi dalam produk dengan blansing dapat mengurangi pencoklatan dan meningkatkan warna produk [Xiao, H. W, 2017].

METODE BLANCHING

1. Hot Water blanching

Pada blansing air panas (Hot water blanching), produk direndam dalam air panas dengan suhu 70 hingga 100 °C selama beberapa menit. Kemudian sampel

dikeringkan dan didinginkan sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya [Xiao, H. W, 2017]. Ada dua jenis blansing yaitu suhu rendah - lama waktu (LTLT) dan suhu tinggi - waktu singkat (HTST). Hot water blanching berbeda dengan boiling, pada hot water blanching bahan makanan yang akan di blanch dimasukkan kedalam air pada suhu yang telah ditetapkan dan dalam waktu yang singkat. Sedangkan boiling merupakan teknik memasak dimana bahan makanan dimasukkan kedalam air dan didiamkan hingga titik didih mencapai 100 °C. Pada penelitian ini kulit buah naga sebanyak 124 g dipotong menjadi beberapa bagian kemudian dimasukkan kedalam air panas selama 25 detik dengan suhu 84 °C kemudian didinginkan dilanjutkan dengan dipotong tipis-tipis lalu dikeringkan dan dihancurkan serta diayak.

2. Steam Blanching

Steam blanching dilakukan dengan memanaskan produk didalam panci pengukus dalam suhu dan jangka waktu yang telah ditentukan. Sedangkan didalam industri steam blanching dilakukan menggunakan blanchers steam, kemudian produk diangkut dengan menggunakan belt conveyor kedalam tabung dengan suhu uap 100 °C [De Corcuera, JIR, 2004]. Kelebihan penggunaan metode steam blanching adalah dapat meminimalkan hilangnya komponen pangan yang larut dalam air seperti vitamin, protein dan mineral serta dapat mempertahankan warna, tekstur dan rasa dengan lebih baik [Fellows, PJ. 2009]. Pada penelitian ini kulit buah naga sebanyak 124 g dipotong menjadi beberapa bagian kemudian dimasukkan kedalam kukusan selama 1 menit pada suhu 84 °C kemudian didinginkan dilanjutkan dengan dipotong tipis-tipis lalu dikeringkan dan dihancurkan serta diayak

3. Microwave Blanching

Microwave-assisted blanching (MAB) diakui sebagai teknologi yang mengurangi waktu dan energi yang dibutuhkan untuk mencapai inaktivasi enzim karena

merupakan metode yang memungkinkan perlakuan suhu tinggi / waktu singkat makanan padat melalui pemanasan volumetrik. Ini penting untuk menjaga kandungan gizi termolabil, vitamin, dan senyawa bioaktif lainnya [Dorantes-Alvarez, L, et,al, 2011]. Bila dibandingkan dengan hot water blanching, jumlah kandungan gizi yang hilang saat pemasanan dengan microwave jauh lebih sedikit [Xiao, H. W, 2017]. Penelitian mengenai microwave blanching ini sudah banyak dilakukan sebelumnya, [Binsi, P.K, et,al, 2009] mengaplikasikan microwave blanching pada proses pengolahan Sutchi catfish yang mana hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi microwave blanching dapat meningkatkan warna dan tekstur produk. Pada penelitian ini kulit buah naga sebanyak 124 g dipotong menjadi beberapa bagian kemudian dimasukkan kedalam microwave selama 1 menit dengan level power medium.

PEWARNA MAKANAN

Zat pewarna adalah bahan tambahan makanan yang dapat memberi warna pada makanan. Penambahan pewarna pada makanan dimaksud untuk memperbaiki warna makanan yang berubah atau memucat selama proses pengolahan (Natalia 2005). Menurut Murdiati (2013) zat pewarna yang biasa digunakan sebagai BTP ada dua macam, yaitu pewarna alami dan pewarna buatan. Jenis-jenis pewarna alami dan buatan yang diizinkan di indonesia tercantum pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Bahan Pewarna yang Diizinkan di Indonesia

No	Warna	Pewarna	
		Alami	Buatan
1	Merah	Alkanat Karmin (<i>Chohineal red</i>)	Karmision Amaran Eritrosin
2	Kuning	Anatto Karoten Kurkumin Safron	Tartazin <i>Quineline yellow</i> <i>Sunset yellow FCF</i>
3	Hijau	Klorofil	Fast Green FCF
4	Biru	Ultramarin	<i>Brilian blue FCF</i> <i>Indigocarmine</i> <i>(Indigotine)</i>
5	Coklat	Karamel	-
6	Hitam	<i>Carbon black</i> Besi Oksida	- -
7	Putih	Titanium dioksida	-
8	Ungu	-	<i>Violet GB</i>

Sumber : Winarno (2002), dalam Ni Wayan Vera Sri Marta (2019)

KUALITAS SIMPLISIA

Menurut Gunawan (2010), kualitas simplisia dipengaruhi oleh dua faktor antara lain sebagai berikut:

1. **Bahan Baku Simplisia.** Berdasarkan bahan bakunya, simplisia bisa diperoleh dari tanaman liar dan atau dari tanaman yang dibudidayakan. Tumbuhan liar umumnya kurang baik untuk dijadikan bahan simplisia jika dibandingkan dengan hasil budidaya, karena simplisia yang dihasilkan mutunya tidak seragam.
2. **Proses Pembuatan Simplisia.** Dasar pembuatan simplisia meliputi beberapa tahapan, yaitu:
 - a. **Pengumpulan bahan baku**

Kualitas bahan baku simplisia sangat dipengaruhi beberapa faktor, seperti : umur tumbuhan atau bagian tumbuhan pada waktu panen, bagian tumbuhan, waktu panen dan lingkungan tempat tumbuh.

Kadar senyawa aktif dalam suatu simplisia berbeda-beda yang tergantung pada beberapa faktor, antara lain: bagian tumbuhan yang digunakan, umur 7 tumbuhan atau bagian tumbuhan pada saat panen, waktu panen dan lingkungan tempat tumbuh. Waktu panen sangat erat hubungannya dengan pembentukan senyawa aktif di dalam bagian tumbuhan yang akan dipanen. Waktu panen yang tepat pada saat bagian tumbuhan tersebut mengandung senyawa aktif dalam jumlah yang terbesar. Senyawa aktif akan terbentuk secara maksimal di dalam bagian tumbuhan atau tumbuhan pada umur tertentu.

Berdasarkan garis besar pedoman panen, pengambilan bahan baku tanaman dilakukan sebagai berikut :

- 1) Biji
Pengambilan biji dapat dilakukan pada saat mulai mengeringnya buah atau sebelum semuanya pecah.
- 2) Buah Panen
Buah bisa dilakukan saat menjelang masak (misalnya Piper nigrum), setelah benar-benar masak (misalnya adas), atau dengan cara melihat perubahan warna/bentuk dari buah yang bersangkutan (misalnya jeruk, asam, dan pepaya).
- 3) Bunga
Panen dapat dilakukan saat menjelang penyerbukan, saat bunga masih kuncup (seperti pada Jasminum sambac, melati), atau saat bunga sudah mulai mekar (misalnya Rosa sinensis, mawar).
- 4) Daun atau herba
Panen daun atau herba dilakukan pada saat proses fotosintesis berlangsung maksimal, yaitu ditandai dengan saat-saat tanaman mulai berbunga atau buah mulai masak. Untuk mengambil pucuk daun, dianjurkan dipungut pada saat warna pucuk daun berubah menjadi daun tua.
- 5) Kulit batang

Tumbuhan yang pada saat panen diambil kulit batang, pengambilan dilakukan pada saat tumbuhan telah cukup umur. Agar pada saat pengambilan tidak mengganggu pertumbuhan, sebaiknya dilakukan pada musim yang menguntungkan pertumbuhan antara lain menjelang musim kemarau.

6) Umbi lapis

Panen umbi dilakukan pada saat umbi mencapai besar maksimum dan pertumbuhan pada bagian di atas berhenti. Misalnya bawang merah (*Allium cepa*).

7) Rimpang

Pengambilan rimpang dilakukan pada saat musim kering dengan tanda-tanda mengeringnya bagian atas tumbuhan. Dalam keadaan ini rimpang dalam keadaan besar maksimum.

8) Akar

Panen akar dilakukan pada saat proses pertumbuhan berhenti atau tanaman sudah cukup umur. Panen yang dilakukan terhadap akar umumnya akan mematikan tanaman yang bersangkutan.

b. Sortasi basah:

Sortasi basah adalah pemilihan hasil panen ketika tanaman masih segar dan dilakukan untuk memisahkan kotoran-kotoran atau bahan asing lainnya setelah dilakukan pencucian dan perajangan. Sortasi dilakukan terhadap:

- 1) Tanah atau kerikil,
- 2) Rumput-rumputan
- 3) Bahan tanaman lain atau bagian lain dari tanaman yang tidak digunakan, dan
- 4) Bagian tanaman yang rusak (dimakan ulat atau sebagainya).

c. Pencucian

Pencucian simplisia dilakukan untuk membersihkan kotoran yang melekat, terutama bahan-bahan yang berasal dari dalam tanah dan juga bahan-bahan yang tercemar

peptisida. Cara sortasi dan pencucian sangat mempengaruhi jenis dan jumlah mikroba awal simplisia. Misalnya jika air yang digunakan untuk pencucian kotor, maka jumlah mikroba pada permukaan bahan simplisia dapat bertambah dan air yang terdapat pada permukaan bahan tersebut dapat mempercepat pertumbuhan mikroba. Bakteri yang umum terdapat dalam air adalah *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacter*, dan *Escherichia*.

d. Perubahan Bentuk / Perajangan

Pada dasarnya tujuan perubahan bentuk simplisia adalah untuk memperluas permukaan bahan baku. Semakin luas permukaan maka bahan baku akan semakin cepat kering. Perajangan dapat dilakukan dengan pisau, dengan alat mesin perajangan khusus sehingga diperoleh irisan tipis atau potongan dengan ukuran yang dikehendaki.

e. Pengerinan:

Untuk mendapatkan simplisia yang tidak mudah rusak, sehingga dapat disimpan dalam waktu yang lebih lama. Dengan mengurangi kadar air dan menghentikan reaksi enzimatis akan mencegah penurunan mutu atau perusakan simplisia. Proses pengerinan simplisia, terutama bertujuan sebagai berikut :

1. Menurunkan kadar air sehingga bahan tersebut tidak mudah ditumbuhi kapang dan bakteri.
2. Menghilangkan aktivitas enzim yang bisa menguraikan lebih lanjut kandungan zat aktif .
3. Memudahkan dalam hal pengolahan proses selanjutnya (ringkas, mudah disimpan, tahan lama, dan sebagainya).

f. Sortasi kering:

Sortasi kering adalah pemilihan bahan setelah mengalami proses pengerinan. Pemilihan dilakukan terhadap bahan-bahan yang terlalu gosong atau bahan yang rusak. Tujuannya untuk memisahkan benda-benda asing

seperti bagian-bagian tanaman yang tidak diinginkan dan pengotoran-pengotoran lain yang masih ada dan tertinggal pada simplisia kering.

g. Pengepakan, penyimpanan dan pemeriksaan mutu

Setelah tahap pengeringan dan sortasi kering selesai maka simplisia perlu ditempatkan dalam suatu wadah tersendiri agar tidak saling bercampur antara simplisia satu dengan lainnya (Gunawan, 2010).

SIMPLISIA KULIT BUAH NAGA MERAH

Serbuk simplisia Kulit buah naga merah adalah bentuk serbuk dari simplisia kulit buah naga merah, dengan ukuran derajat kehalusan tertentu. Sesuai dengan derajat kehalusannya, dapat berupa serbuk sangat kasar, kasar, agak kasar, halus, dan sangat halus. Serbuk simplisia Kulit buah naga merah tidak boleh mengandung fragmen jaringan dan benda asing yang bukan merupakan komponen asli dari simplisia yang bersangkutan antara lain telur nematoda, bagian dari serangga dan hama serta sisa tanah (Ditjen POM, 1995). Serbuk adalah campuran homogen dua atau lebih obat yang diserbukkan. Pada pembuatan serbuk kasar, terutama simplisia Kulit buah naga merah, digerus lebih dulu sampai derajat halus tertentu setelah itu dikeringkan pada suhu tidak lebih dari 60 °C (Anief, 2007). Untuk simplisia Kulit buah naga merah tidak boleh menggunakan bagian pertama yang terayak, tetapi harus terayak habis dan dicampur homogen, karena zat warna tidak terbagi rata pada semua bagian simplisia.

Sebelum sampel dibuat simplisia, terlebih dahulu dilakukan preparasi. Yang pertama dilakukan adalah sampel Kulit buah naga merah dicuci dan tiriskan. Kemudian dilakukan perlakuan awal yaitu *Hot Water blanching*, *Steam Blanching*, *Microwave Blancing* Pengeringan dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu penjemuran kulit buah dibawah sinar matahari atau pemanasan kulit buah di dalam oven. Cara paling efektif yaitu dengan melakukan pengeringan kulit buah di dalam oven.

KARAKTERISTIK SIMPLISIA KULIT BUAH NAGA MERAH

Simplisia Kulit buah naga merah yang dihasilkan dilakukan pengujian kadar air, kandungan antioksidan dan kadar abu.

Tabel 5.2. Kandungan Kadar Air Simplisia Tepung Kulit Buah Naga Kontrol

No	Kode	Kadar Air (%)
1	Kulit Buah Naga	6,701

Pada proses pembuatan simplisia melalui proses pengeringan menggunakan cabinet dryer. Pengeringan merupakan kegiatan yang paling penting dalam pengolahan tanaman obat karena dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. Pengeringan akan mengurangi kadar air dan menghentikan reaksi enzimatik serta mencegah penurunan mutu atau kerusakan pada simplisia. Pengeringan bertujuan agar sampel tidak mudah rusak dan dapat disimpan dalam waktu yang lama (Manoi, 2006).

Tabel 5.3. Kandungan Antioksidan Simplisia Tepung Kulit Buah Naga Kontrol

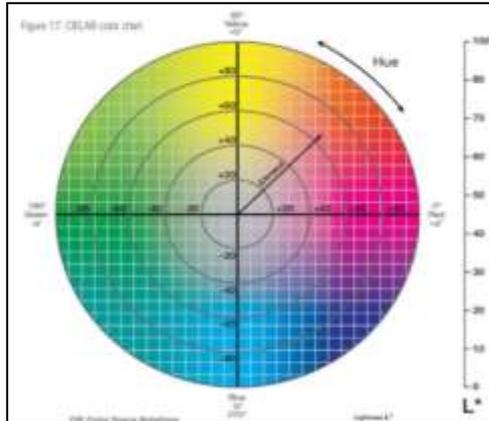
No	Kode	Aktivitas Antioksidan %
1	Kulit Buah Naga	12.962

Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan kandungan antioksidan pada simplisia kulit buah naga kontrol sebesar 12.962 %.

Tabel 5.4. Warna Tepung Kulit Buah Naga Kontrol

No	Kode	L	a	b
1	Kulit Buah Naga	68.53	21.59	3.94

Pada Tabel 5.4 diperoleh data $L*a*b$ warna dari tepung kulit buah naga. Elemen warna L menunjukkan intensitas terang gelap, elemen a menunjukkan gradasi warna dari hijau menuju ke merah, sedangkan elemen b menunjukkan gradasi warna dari biru ke kuning (Gambar 5.1).



Gambar 5.1. Skala Ruang Warna $L^*a^*b^*$

Berdasarkan analisa data pada Tabel 5.4 dengan mengacu pada Gambar 5.1. Diketahui bahwa warna tepung kulit buah naga berkisar antara putih kemerahan sampai merah muda dengan interferensi warna kekuningan tipis. Warna tepung kulit buah naga lebih cenderung merah muda cerah dengan nilai L diatas skala 50 dan nilai a diatas skala +20. Warna yang dimiliki oleh tepung sangat dipengaruhi oleh pigmen warna yang terkandung pada masing masing kulit bahan. Untuk kulit buah naga, warna merah diduga berasal dari senyawa pigmen antosianin. Pigmen warna antosianin dan betasianin memiliki kapasitas antioksidan yang baik, diimana semakin tinggi kandungan senyawa senyawa tersebut yang dicirikan dengan nilai L yang semakin kecil (warna gelap/pekat) dan nilai a yang semakin besar, maka kapasitas antioksidannya akan semakin tinggi.

1. Hasil Warna Simplisia Kulit Buah Naga

Menurut Winarno (2002), masing-masing pigmen warna mempunyai kestabilan yang berbeda terhadap kondisi pengolahan. Hasil warna simplisia kulit buah naga disajikan pada Gambar 5.2 – Gambar 5. 4.



Gambar 5.2. Metode Hot Water Blanching



Gambar.5.3. Metode Steam Blanching



Gambar 5.4. Metode Microwave Blanching

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan warna merah pada simplisia dengan metode Microwave Blanching menunjukkan semakin pudar. Metode blanching menunjukkan pengaruh yang nyata pada warna merah simplisia kulit buah naga. Warna merah pada bahan pangan menunjukkan bahwa adanya senyawa antioksidan yang

berada di dalam bahan pangan. Antioksidan adalah molekul yang mampu menghambat oksidasi molekul yang dapat menghasilkan radikal bebas (Rajnarayana, dkk. 2011).

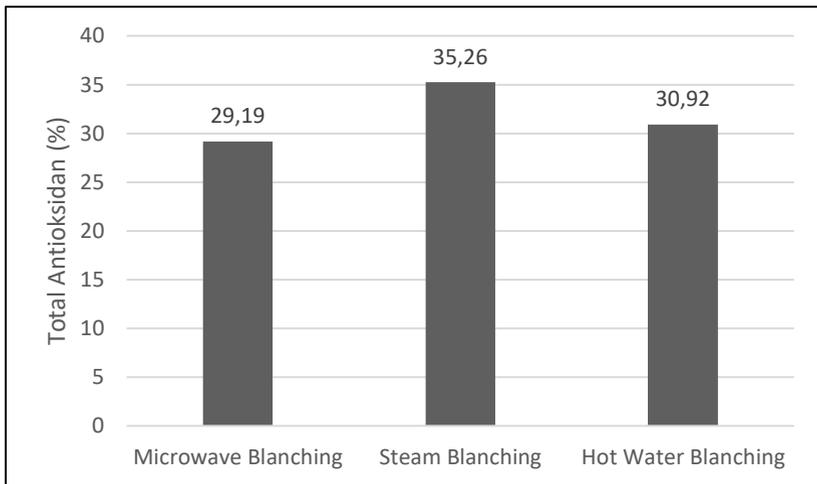
Selain itu juga semakin pekat warna merah pada simplisia kulit buah naga, menunjukkan bahwa kandungan antosianin (sebagai antioksidan) semakin tinggi, tetapi kadar antioksidan tersebut menjadi berkurang bila mengalami proses pemanasan dan pengeringan (dengan oven), sehingga akan menyebabkan kadar antosianin menurun sehingga membuat warna merah menjadi memudar. Kadar antioksidan tersebut berada pada tingkat tertinggi jika dikonsumsi dalam bentuk segar (Hayati, 2011). Hal ini sejalan dengan Gambar 5.5. tentang hasil pengujian antioksidan.

2. Hasil Pengujian Kandungan Simplisia Kulit Buah Naga

Analisis komposisi kimia simplisia kulit buah naga dilakukan dengan uji total antioksidan dan uji proksimat dalam tiga metode blanching yakni Hot Water blanching, Steam Blanching dan Microwave Blanching. Analisis komposisi kimia yang di uji terdiri dari kandungan antioksidan, kadar air, kadar abu, Karbohidrat, Protein, Lemak dan Serat Kasar. Analisis proksimat merupakan suatu metode analisis yang dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia dari suatu bahan.

3. Kandungan Total Antioksidan

Perlakuan metode blanching memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kandungan total antioksidan simplisia kulit buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 5.5.



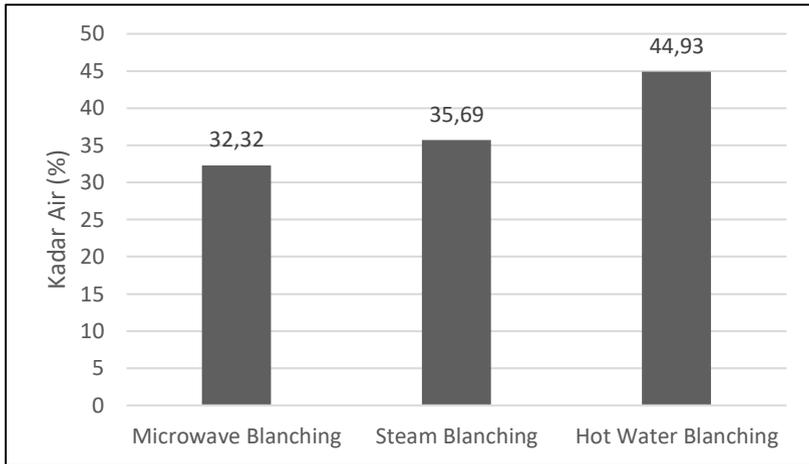
Gambar 5.5. Kandungan Total Antioksidan Simplisia Kulit Buah Naga

Kandungan total antioksidan simplisia kulit buah naga berdasarkan Gambar 5.5. dapat diketahui bahwa kandungan total antioksidan tertinggi yaitu pada metode steam blanching yaitu sebesar 35,26 % dan kandungan total antioksidan terendah yaitu pada perlakuan microwave Blanching (29,19 %). Proses microwave dan hot water blanching menyebabkan penurunan terhadap nilai aktivitas antioksidan. Volden *et al.*, (2009) dalam penelitiannya menemukan bahwa blanching pada suhu 98 0C selama 3 menit menyebabkan penurunan secara signifikan pada kapasitas antioksidan. Sedangkan menurut penelitian Patras *et al.*, (2011), proses blanching tidak menyebabkan penurunan yang signifikan pada nilai aktivitas antioksidan. Menurut Roy *et al.*, (2009), peningkatan nilai aktivitas antioksidan setelah steam blanching disebabkan karena adanya peningkatan jumlah senyawa flavonoid terlarut dari matriks jaringan selama blanching sehingga senyawa ini dapat lebih mudah terekstrak. Selain itu, senyawa non-fenolik juga dapat meningkat dan terlarut dalam jaringan sehingga dapat meningkatkan total senyawa antioksidan.

Menurut Podsedek (2007), pengolahan dengan menggunakan panas mempengaruhi besarnya nilai aktivitas antioksidan dan yang sering terjadi adalah terjadinya penurunan nilai aktivitas antioksidan setelah dilakukan pemasakan dengan menggunakan panas. Namun besarnya nilai aktivitas antioksidan akibat pemasakan dapat berbeda-beda antar hasil penelitian, hal ini disebabkan adanya perbedaan metode ekstraksi dan jenis senyawa antioksidan yang terekstrak di dalam cairan. Selain itu, menurut Singh *et al.*, (2007) dan Volden *et al.*, (2008), adanya variasi nilai dari hasil berbagai penelitian dapat disebabkan karena adanya pengaruh lingkungan dan genetik, serta perbedaan metode pengujian yang dilakukan.

4. Kadar Air

Menurut Winarno (2008), zat gizi merupakan senyawa kimia yang sangat dibutuhkan dalam tubuh. Kandungan gizi setiap makanan berbeda tergantung dari jenis bahan baku, habitat dan fase serta umur bahan baku tersebut. Air merupakan komponen yang sangat penting bagi bahan pangan karena air dapat mempengaruhi kenampakan, tekstur, serta cita rasa makanan. Kandungan air dalam bahan makanan berperan menentukan daya terima, kesegaran dan umur simpan bahan pangan (Winarno, 1997). Kadar air simplisia kulit buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 5.6.

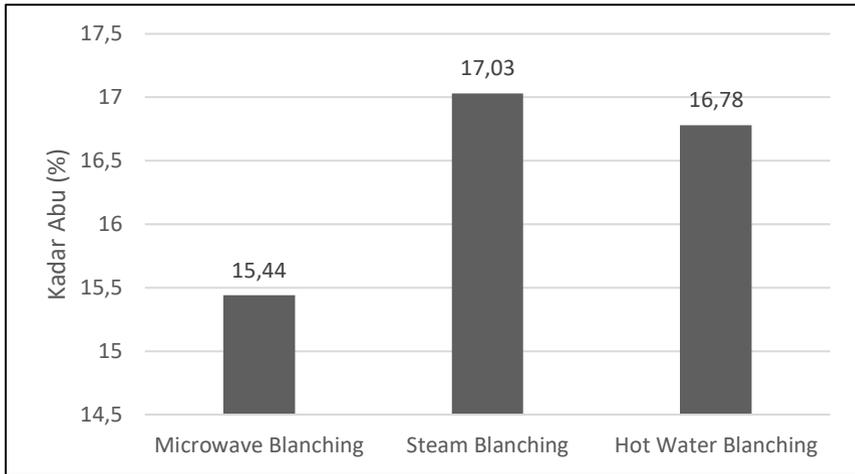


Gambar 5.6. Kadar Air Simplisia Kulit Buah Naga

Gambar 5.6. menunjukkan bahwa kadar air tertinggi pada simplisia kulit buah naga dengan metode hot water blanching. Pengolahan bahan pangan dengan menggunakan suhu tinggi dapat menyebabkan terjadinya penguapan air pada bahan tersebut. Menurut Winarno (1997), semakin tinggi suhu yang digunakan semakin banyak pula molekul molekul air yang keluar dari permukaan dan menjadi gas. Air yang terdapat dalam bahan pangan yang mudah hilang dengan cara penguapan atau pengeringan disebut air bebas.

5. Kadar Abu

Menurut Soebito (1988), kadar abu merupakan unsur mineral sebagai sisa yang tertinggal setelah bahan dibakar sampai bebas unsur karbon. Kadar abu juga diartikan sebagai komponen yang tidak mudah menguap, tetap tinggal dalam pembakaran dan pemijaran senyawa organik. Hasil penelitian terhadap kadar abu simplisia kulit buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7. Kadar Abu Simplisia Kulit Buah Naga

Gambar 5.7. menunjukkan bahwa nilai kadar abu simplisia kulit buah naga yang diperoleh berkisar antara 15,44 % sampai 17,03 %. Sebagian besar bahan makanan yaitu sekitar 96% terdiri dari bahan organik dan air, sisanya terdiri dari unsur mineral. Unsur mineral dikenal sebagai zat anorganik atau kadar abu. Pembakaran bahan organik terbakar tetapi bahan anorganik tidak terbakar karena itulah disebut abu. Menurut Harris (1989), menjelaskan bahwa mineral memiliki sifat yang tidak mudah rusak akibat pengolahan, namun pengolahan dapat menyebabkan susut mineral maksimal 3% pada beberapa sumber makanan, sehingga kadar abu dapat berkurang lebih dari 0,04% sangat wajar terjadi pada proses pengolahan bahan makanan karena terdapat garam mineral yang susut saat proses blanching.

SIMPULAN

Penggunaan metode Microwave Blanching pada pembuat simplisia kulit buah naga merah menghasilkan total antioksidan 29,19 %, kadar air 32,32 %, kadar abu 15,44 % . Penggunaan metode Steam Blanching pada pembuat simplisia kulit buah naga merah menghasilkan total antioksidan 35,26 %, kadar air 35,69 %,

kadar abu 17,03 %. Penggunaan metode Hot Water Blanching pada pembuat simplisia kulit buah naga merah menghasilkan total antioksidan 30,92 %, kadar air 44,93 %, kadar abu 16,78 %. Metode Blanching yang sesuai untuk mendapatkan hasil yang maksimal pada kulit buah naga yaitu pada simplisia dengan metode Steam Blanching.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Semarang yang telah memberikan dana hibah Penelitian Dasar melalui Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran UNNES Nomor DIPA-023.17.2.677507/2022, tanggal 17 November 2021, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dasar Dana DIPA FT UNNES Tahun 2022 Nomor: 33.13.4/UN37/PPK.4.5/2022, tanggal 12 April 2022

DAFTAR PUSTAKA

- Anief, M., 2007. *Ilmu Meracik Obat*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Binsi, P.K., Shamasundar, B.A., Dileep, A.O., Badii, F., & Howell, N.K., 2009. Rheological and Functional Properties of Gelatin from the Skin of Bigeye Snapper (*Priacanthus hamrur*). *Food Hydrocoll*, 23, pp.132-145.
- De Corcuera, J.I.R., Cavalieri, R.P., & Powers, J.R., 2004. Blanching of Foods. *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. DR Heldman (Ed). Marcel Dekker, Inc, New York, USA.
- Dirjen POM., 1995. *Farmakope Indonesia Edisi IV*. Jakarta: Depkes RI.
- Dorantes-Alvarez, L., Jaramillo-Flores, E., Gonzalez, K., Martinez, R., & Parada, L., 2011. Blanching Peppers Using Microwaves. *Procedia Food Sci.*, 1, pp.178-183.
- Fellows, P.J., 2009. Blanching. *Food Processing Technology*. W Publishing. (Ed.). Cambridge, UK.

- Geankoplis, C. J., 2003. *Transport Processes and Separation Process Principles*. America: Pearson Education, Inc.
- Gunawan, D., & Sri, M., 2010. *Ilmu Obat Alam (Farmakognosi) Jilid 1*, Jakarta: Penebar Swadaya, pp.106-120.
- Harris, R.S., & E. Karmas., 1989. *Evaluasi Gizi pada Pengolahan Bahan Pangan*. ITB-Press, Bandung.
- Hayati, A., 2011. *Spermatologi*. Surabaya: Pusat Penerbitan dan Percetakan Unair.
- Hidayah, T., 2013. Uji Stabilitas Pigmen Dan Antioksidan Hasil Ekstraksi Zat Warna Alami Dari Kulit Buah Naga (*Hylocereus undatus*). *Skripsi*. UNNES
- Kant, R., 2012. Textile Dyeing Industry an Environmental Hazard. *Open Access journal Natural Science*, 4(1).
- Kartina, B., Ashar, T., & Hasan, W., 2013. Karakteristik Pedagang, Sanitasi Pengolahan dan Analisa Kandungan Rhodamin B pada Bumbu Cabai Giling di Pasar Tradisional Kecamatan Medan Baru Tahun 2012. *Lingkungan dan Kesehatan Kerja*, 1(2), pp.1-7.
- Manoi, F., 2006. Pengaruh Cara Pengeringan Terhadap Mutu Simplisia Sambilotto. *Bull. Litro*. 17(1), pp.1-15.
- Manurung, M., 2012. Aplikasi Kulit Buah Manggis (*Garcinia Mangostana L.*) Sebagai Pewarna Alami pada Kain Katun secara Pre-Mordanting. *Journal of Chemistry*, 6(2), pp.183-190.
- Murdiati, A., & Amaliah., 2013. *Panduan Penyiapan Pangan Sehat untuk Semua*. Edisi kedua. Jakarta: Kencana Prenadamedia Group.
- Paryanto., Purwanto, A., Kwartiningsih, E., & Mastuti, E., 2012. Pembuatan Zat warna Alami dalam Bentuk Serbuk untuk Mendukung Industri Batik di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Proses*, 6(1), pp.26-29.
- Patras, A., Tiwari, B.K., & Brunton, N.P., 2011. Influence of Blanching and Low Temperature Preservation Strategies on Antioxidant Activity and Phytochemical Content of Carrots, Green Beans and Broccoli. *Food Science and Technology*, 44, pp.299- 306.

- Podsedek, A., 2007. Natural Antioxidants and Antioxidant Capacity of Brassica Vegetables: A Review. *LWT*, 40, pp.1-11.
- Purnomo, M.A.J., 2004. Zat Pewarna Alam sebagai Alternatif Zat Warna yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Seni Rupa STSI Surakarta*, 1(2), pp.57-61.
- Rajnarayana, dkk., 2011. Comperative Antioxidant Potential of Some Fruit and Vegetables Using DPPH Method. *Internasional Journal of Pharmacy & Technology*, 2011.
- Roy, M.K., Juneja, L.R., Isobe, S., & Tsushida, T., 2009. Steam Processed Broccoli (*Brassica oleracea*) Has Higher Antioxidant Activity in Chemical and Cellular Assay Systems. *Food Chemistry*, 114, pp.263-269.
- Rymbai, H., Sharma, R.R., & Srivasta, M., 2011. Bio-colorants and Its Implications in Health and Food Industry–A Review. *International Journal of Pharmacological Research*, 3, pp.2228-2244.
- Singh, J., Upadhyay, A.K., Prasad, K., Bahadur, A., & Rai, M., 2007. Variability of Carotens, Vitamin C, E and Phenolics in Brassica Vegetables. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20, pp.106-112.
- Soebito, S., 1988. *Analisis Farmasi*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Suarsa, I.W., Suarya, P., & Kurniawati, I., 2011. Optimasi Jenis Pelarut dalam Ekstraksi Zat Warna Alam Dari Batang Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L. cv kepok) dan Batang Pisang Susu (*Musa paradisiaca* L. cv susu). *Journal of Chemistry*, 5(1), pp.72-80.
- Sudarmadji, S.B., & Haryono, S., 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Tersiska., Sukarminah, E., & Natalia, D., 2006. *Ekstraksi Pewarna Alami dari Buah Arben (*Rubus idaeus* (Linn.)) dan Aplikasinya pada Sistem Pangan*.
- Volden, J., Bengtsson, G. B., & Wicklund, T., 2009. Glucosinolates, L-Ascorbic Acid, Total Phenols, Anthocyanins, Antioxidant Capacities and Colour in Cauliflower (*Brassica oleracea* L.

- ssp. botrytis); Effects of Long-Term Freezer Storage. *Jurnal of Food Chemistry*, 112, pp.967-976.
- Volden, J., Borge, G.I.A., Hansen, M., Wicklund, T., & Bengtsson, G.B., 2008. Processing (Blanching, Boiling, Steaming) Effect on The Content of Glucosinolates and Antioxidant-Related Parameters in Cauliflower (*Brassica oleracea* L ssp. botrytis). *Food Science and Technology*, 42, pp.63-73.
- Winarno, F.G., 2002. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia. Jakarta.
- Xiao, H.W., Pan, Z., Deng, L.Z.E., Mashad, H.M., Yang, X.H., Mujumdar, A.S., Gao, Z.J., & Zhang, Q., 2017. Recent Developments and Trends in Thermal Blanching – A Comprehensive Review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), pp.101–127.

BAB VI. KONDISI LINGKUNGAN DANAU RAWA PENING

**Andin Vita Amalia^{1*}, Trida Ridho Fariz¹, Rifa' Atunnisa¹,
Abdul Jabbar¹, Amnan Haris¹, Dwi Rahmawati¹, Habil
Sultan¹, Muhammad Roihan Akmal¹, Zepanya Gladis Tabita
Siregar¹, Erma Zakiy Arifah¹**

¹Ilmu Lingkungan, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

Email: andinvita@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.152>

ABSTRAK

Indonesia adalah negara yang memiliki jumlah danau yang banyak. Diantara jumlah danau tersebut, ada beberapa danau yang memiliki kerusakan lingkungan yang parah sehingga perlu direvitalisasi. Danau Rawa Pening menjadi salah satu danau prioritas penanganan oleh pemerintah. Revitalisasi danau adalah kegiatan untuk mengembalikan fungsi alami danau sebagai tampungan air melalui beberapa kegiatan yang bersifat struktural maupun non-struktural. Dalam perumusan kebijakan dan strategi revitalisasi danau Rawa Pening dibutuhkan data dan informasi supaya hasilnya tepat sasaran. Hal tersebut adalah lingkungan yang mana terdiri dari komponen abiotik, biotik dan budaya. Pemahaman kondisi lingkungan secara komprehensif dirasa akan mempermudah dalam penentuan strategi dan kebijakan pengelolaan Danau Rawa Pening. Setelah memahami kondisi lingkungan, kita bisa mengidentifikasi bentuk pengelolaan Danau Rawa Pening. Bentuk pengelolaan Danau Rawa Pening sebaiknya adalah dengan tindakan preventif, bukan tindakan seperti rehabilitasi. Bentuk pengelolaan bisa difokuskan pada pengendalian erosi-sedimentasi dan eutrofikasi yang tak hanya disekitar Danau Rawa Pening tetapi juga bagian hulu sub-DAS yang berada di DTA Rawa Pening.

Kata kunci: Rawa Pening, Kondisi Lingkungan, Pengelolaan

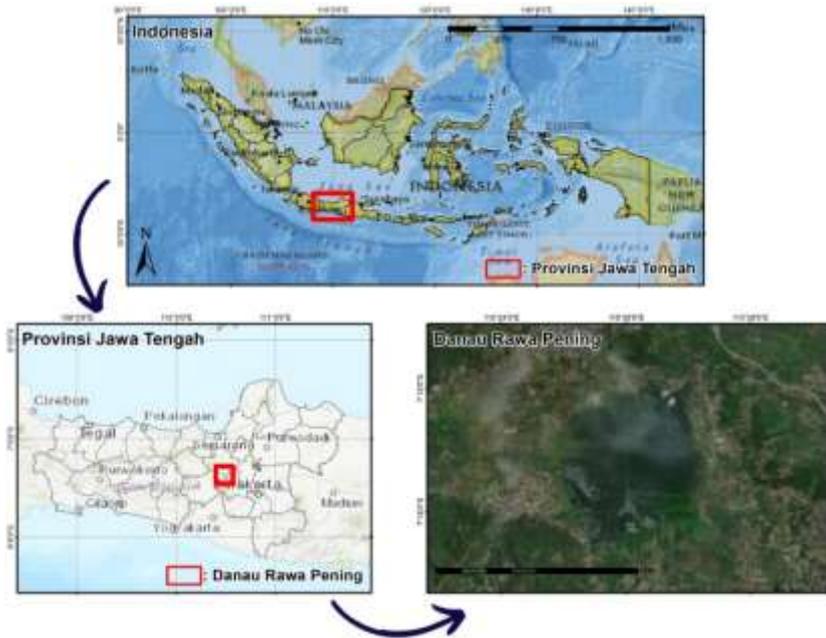
PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara tropis yang memiliki jumlah danau yang banyak. Jumlahnya sekitar 840 danau besar dan 735 danau kecil (Haryani, 2013). Diantara jumlah danau tersebut, ada beberapa danau yang memiliki kerusakan lingkungan yang parah sehingga perlu direvitalisasi. Danau Rawa Pening, di Provinsi Jawa Tengah menjadi salah satu danau super prioritas penanganan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (PUPR) bersama 5 danau yang lain. Revitalisasi Danau Rawa Pening bersama Danau Toba, Danau Tondano, Danau Limboto, Danau Tempe dan Danau Maninjau sudah dilakukan pada tahun 2020 dan dilanjutkan pada tahun 2021 (Tri, 2021).

Revitalisasi danau adalah kegiatan untuk mengembalikan fungsi alami danau sebagai tampungan air melalui pengerukan danau, pembersihan tanaman asing invasif, pembuatan tanggul dan perencanaan penggunaan lahan di daerah aliran sungai (Gobel & Koton, 2017; Mahmud *et al.*, 2020; Suawa *et al.*, 2021). Dalam perumusan kebijakan dan strategi revitalisasi danau Rawa Pening dibutuhkan data dan informasi supaya hasilnya tepat sasaran. Oleh karena itu artikel ini akan membahas mengenai kondisi lingkungan Danau Rawa Pening dan sekitarnya. Proses pengumpulan data yang digunakan adalah studi literatur dan dokumentasi dengan teknik analisis berupa analisis deskripsi.

KONDISI UMUM DAN SEJARAH RAWA PENING

Rawa Pening merupakan danau alami yang berada di Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 6.1). Danau yang memiliki luas sebesar 2.670 Ha ini berada di empat wilayah kecamatan, yaitu Kecamatan Tuntang, Kecamatan Ambarawa, Kecamatan Banyubiru dan Kecamatan Bawen. Secara fisik, Rawa Pening terletak di cekungan terendah lereng Gunung Merbabu, Gunung Telomoyo, dan Gunung Ungaran hingga menjadi hilir bagi aliran dari ketiga gunung tersebut. Air yang tertampung akhirnya membentuk sebuah genangan air yang luas layaknya sebuah danau.



Gambar 6.1. Lokasi Danau Rawa Pening

Danau Rawa Pening ditetapkan sebagai danau prioritas revitalisasi nasional karena mengalami degradasi dengan tingkat yang cukup tinggi akibat fenomena eutrofikasi berupa *blooming* eceng gondok (Nugroho, 2022; Fariz *et al.*, 2022; Mardiatno *et al.*, 2021). Untuk penentuan kebijakan revitalisasi Danau Rawa Pening maka diperlukan data kondisi lingkungan di Danau Rawa Pening dan sekitarnya. Kondisi lingkungan meliputi kondisi unsur pembentuk ekosistem yaitu biotik, abiotik dan budaya pada Danau Rawa Pening dan sekitarnya. Pembahasan kondisi lingkungan dapat berupa kondisi lingkungan abiotik, biotik dan budaya, tetapi pengetahuan tradisional tentang sejarah Danau Rawa Pening juga perlu dibahas sebagai fondasi awal. Ini mengingat bahwa pengetahuan tradisional seperti *folklore* itulah yang menentukan relasi antara alam, Sang Pencipta, manusia, dan ekosistem lingkungan di sekitarnya (Kenoba & Bala, 2021).

Dalam buku yang berjudul “Legenda Rawa Pening Cerita Rakyat dari Jawa Tengah”, asal mula munculnya Rawa Pening

dikaitan dengan Kisah Baro Klinting, seekor naga yang merupakan anak dari Endang Sawitri, putri kepala Desa Ngasem (Inez, 2021). Dikarenakan sebuah kutukan, Endang Sawitri mengandung dan melahirkan seorang anak berwujud naga. Keberadaan Baro Klinting yang berbentuk naga ini tidak diterima ayahnya.

Singkatnya, ayahnya mengutus Baro Klinting untuk bertapa ke Gunung Telomoyo, disana dia bertapa dengan melilitkan tubuh naganya sampai ke puncak Gunung Telomoyo. Namun naas, ada warga Desa Pathok yang tengah berburu melihat ekornya, dan memotongnya lalu membawanya pulang ke desa. Setelah selesai betapa, Baro Klinting telah berubah menjadi manusia dan pulang ke desanya, namun karena keberadaannya yang penuh luka dan berbau amis, ia ditolak oleh seluruh warga dan ayahnya sendiri (Wahyuni, 2016). Akhirnya Baro Klinting pun hidup bersama seorang janda tua yang mau menerima dan merawatnya. Karena sakit hati dan kecewa, Baro Klinting pun menancapkan sebatang lidi ke tanah, dan menantang seluruh warga untuk mencabutnya, namun tidak ada seorangpun yang berhasil (Sapriandi, 2017).



Gambar 6.2. Danau Rawa Pening

Akhirnya, lidi itu dicabut olehnya, dan seketika keluar air hingga membanjiri seluruh desa, dan hanya menyisakan rumah si janda tua yaitu Nyai Latung yang selamat. Hingga kini, warga setempat mempercayai bahwa danau yang indah yang kita kenal sebagai Danau Rawa Pening merupakan Desa Pathok yang konon dikutuk oleh Baro Klinting, karena perlakuan warga desa yang jahat pada dirinya (Gambar 6.2).

KONDISI LINGKUNGAN ABIOTIK

Kondisi lingkungan abiotik terdiri dari komponen lingkungan fisik. Ini dapat meliputi kondisi bentuk lahan, tanah dan penutup lahan. Bentuk lahan merupakan suatu unit geomorfologis yang terdiri dari beberapa karakteristik seperti elevasi, geologi serta kemiringan medan. Kondisi bentuk lahan ini dibebberapa lokasi bahkan berhubungan dengan kondisi tanah dan penutup lahan (Fang *et al.*, 2005).

Untuk memahami kondisi lingkungan fisik di wilayah Rawa Pening maka diperlukan perspektif hidrologi. Perspektif hidrologi ini memandang bahwa suatu wilayah memiliki suatu kesatuan sistem hidrologi. Hal ini disebut sebagai DAS atau (Daerah Aliran Sungai), yang merupakan suatu area fisik yang dibatasi oleh punggung dan memisahkan aliran air ke sungai, basin dan laut. Secara hidrologi, Rawa Pening berada di dalam DAS Tuntang bagian hulu. Namun dalam kesatuan yang lebih kecil, Danau Rawa Pening berada dalam Sub-DAS Rawa Pening atau DTA (Daerah Tangkapan Air) Rawa Pening (Gambar 6.3).

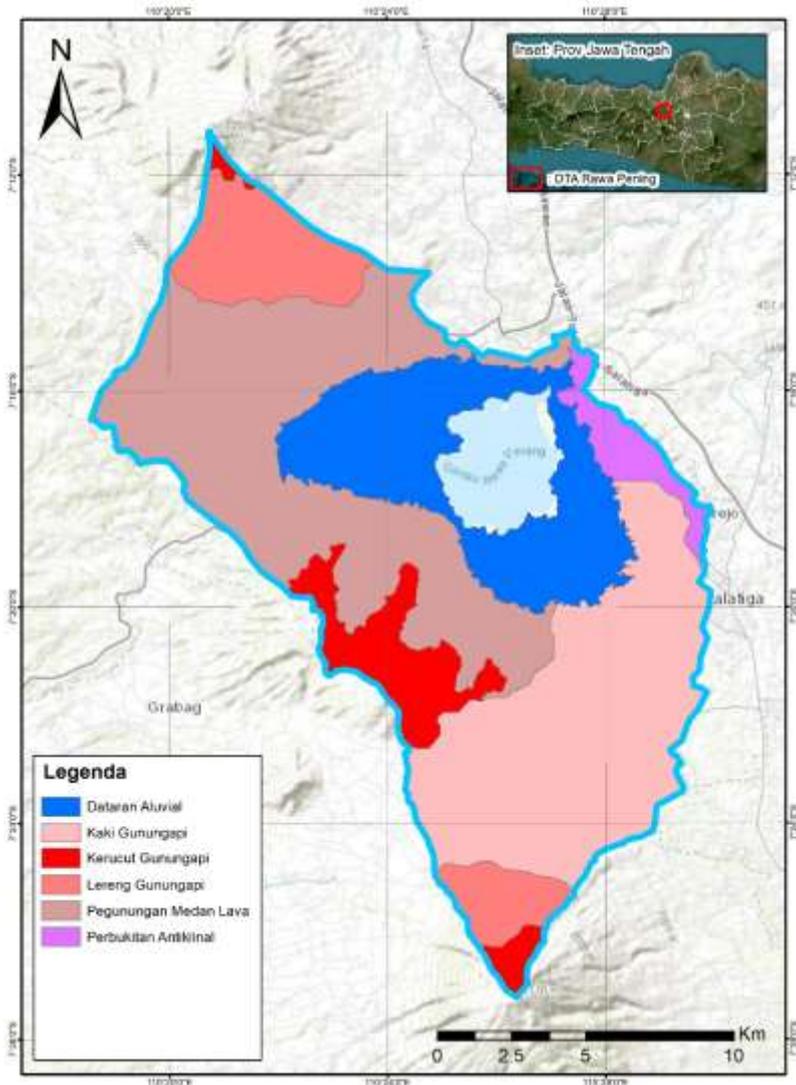
DTA Rawa Pening secara administrasi berada di Kabupaten Semarang dan Kota Salatiga, selain itu sebagian kecil juga berada di Kabupaten Magelang, Kabupaten Boyolali dan Kabupaten Temanggung. DTA Rawa Pening terdiri atas DAS yang lebih kecil seperti Kedung Ringin, Ringis, Parat, Legi, Sragen, Galeh, Torong, Panjang, dan Rengas. DAS kecil ini akan bermuara di Danau Rawa Pening sebagai inlet lalu akan dialirkan menuju Sungai Tuntang sebagai outlet. DTA Rawa Pening memiliki luas sekitar 27.558,8 Ha.



Gambar 6.3. Peta DTA Rawa Pening

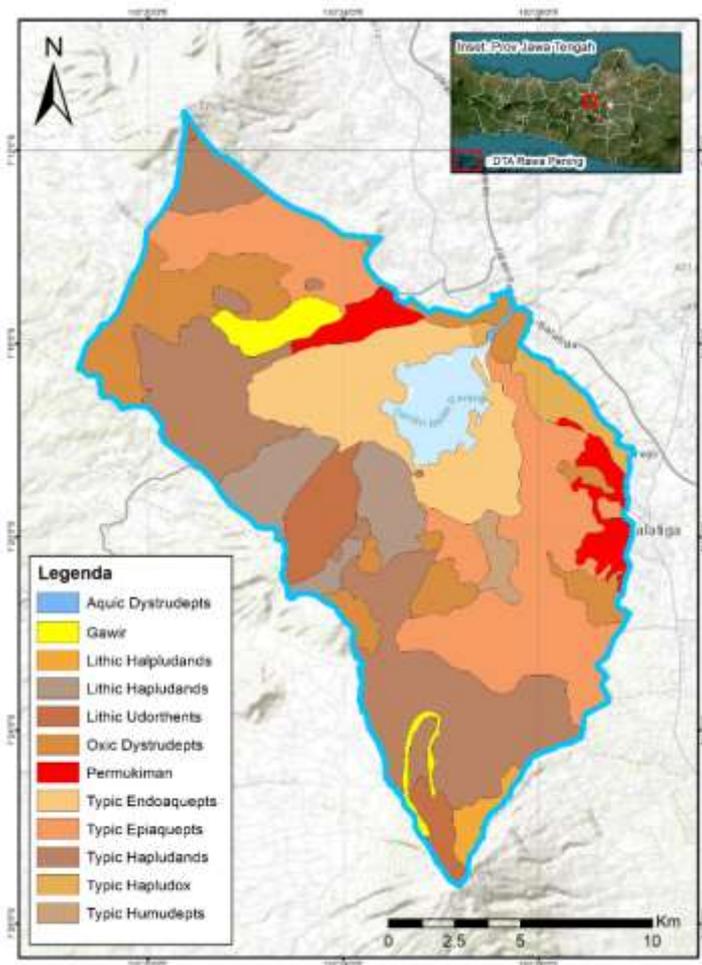
DTA Rawa Pening dikelilingi oleh kompleks gunung serta pegunungan dengan didominasi oleh bentuk lahan asal vulkanik (Gambar 6.4). Pada bagian utara, selatan dan barat merupakan area Gunung Ungaran, pegunungan medan lava, kompleks Gunung Telomoyo, dan Gunung Merbabu, sedangkan di bagian Timur terdapat pegunungan struktural antiklinal (Mardiatno *et al.*, 2021; Widhaningtyas *et al.*, 2020). DTA Rawa Pening memiliki kemiringan lereng yang beragam dari landai hingga terjal, elevasi

tertinggi adalah 3076 mpdl dan elevasi terendah adalah sekitar 445 mdpl. Pada badan air Danau Rawa Pening memiliki kedalaman maksimum sekitar 18 m, sedangkan wilayah barat danau memiliki kedalaman 2–4,7 m (Soeprobowati, 2012).



Gambar 6.4. Peta bentuk lahan DTA Rawa Pening

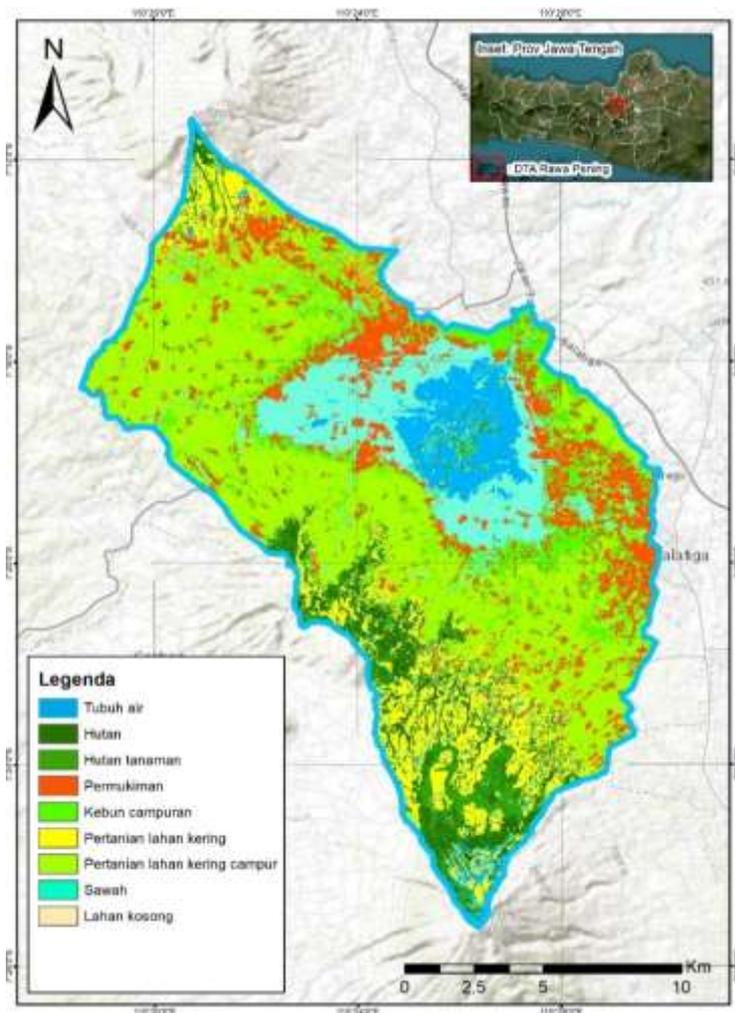
Kondisi bentuk lahan mempengaruhi jenis tanah yang ada disuatu wilayah. Bahkan informasi yang diperoleh dari klasifikasi bentuk lahan sangat mendasar untuk memahami proses fisik, kimia, dan biologi tanah (Ngunjiri *et al.*, 2020). Jenis tanah yang ada di DTA Rawa Pening didominasi oleh jenis tanah Andosol atau *Typic Hapludands* pada klasifikasi USDA atau *United States Department of Agriculture* (Gambar 6.5). Jenis tanah ini mempunyai kandungan liat $\geq 40\%$, remah sampai gumpal dan gembur (Subardja *et al.*, 2014).



Gambar 6.5. Peta Jenis Tanah di DTA Rawa Pening

KONDISI LINGKUNGAN BIOTIK

Kondisi lingkungan biotik merupakan keanekaragaman hayati yang ada di Danau Rawa Pening. Perairan Danau Rawa Pening merupakan habitat berbagai jenis ikan air tawar, antara lain nila, karper rumput, gabus, lele, wader bintang dan betutu (Mardiatno *et al.*, 2023; Weri *et al.*, 2017). Danau Rawa Pening juga menjadi rumah bagi eceng gondok yang tumbuh sangat baik hingga titik eutrofikasi (Piranti, 2019).



Gambar 6.6. Peta Penutup Lahan DTA Rawa Pening

Kondisi lingkungan biotik pada DTA Rawa Pening dapat dilihat dari penutup lahannya. Penutup lahan adalah penutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati, seperti vegetasi. Kondisi sebaran penutup lahan bisa dipengaruhi oleh kondisi lingkungan abiotik dan budaya di DTA Rawa Pening. Berdasarkan peta tutupan lahan hasil interpretasi citra satelit Landsat 8, menunjukkan bahwa DTA Rawa Pening didominasi oleh tutupan lahan vegetasi (Gambar 6.6). Lahan sawah tersebar di sekitar Danau Rawa Pening, sedangkan lahan pertanian campuran hampir mendominasi wilayah di DTA Rawa Pening. Pada lereng Gunung Merbabu dan Gunung Ungaran didominasi oleh lahan pertanian kering atau tegalan.

KONDISI LINGKUNGAN BUDAYA

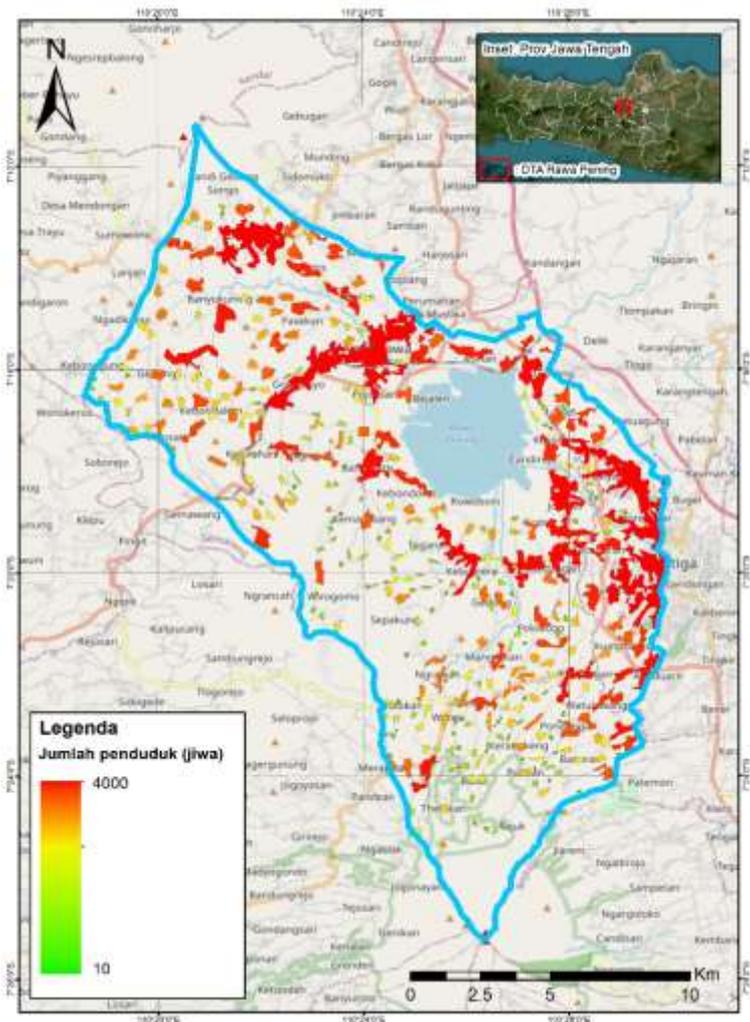
Lingkungan budaya adalah komponen dari lingkungan hidup yang meliputi kondisi sosial, demografi, politis, budaya dan ekonomi. Pada aspek sosial dan demografi ini manusia dipandang sebagai fokus utama dengan memperhatikan pola penyebaran penduduk dalam suatu wilayah. Untuk mengetahui jumlah penduduk pada lingkungan sekitar Rawa Pening, maka fokus wilayah yang digunakan adalah DTA Rawa Pening.

Tabel 6.1. Jumlah Penduduk di Wilayah Administrasi pada DTA Rawa Pening

Kota / Kabupaten	Kecamatan	Jumlah penduduk (Jiwa)
Kota Salatiga	Argomulyo	50001
	Sidomukti	44549
	Sidorejo	52634
	Tuntang	69174
	Ambarawa	63948
Kabupaten Semarang	Bandungan	59122
	Jambu	40832
	Banyubiru	44460
	Getasan	53142

Jumlah penduduk di DTA Rawa Pening dapat diidentifikasi berdasarkan wilayah administrasinya yang mayoritas. Pada Tabel 6.1, terlihat bahwa jumlah penduduk terbanyak adalah Kecamatan

Tuntang, sedangkan jumlah penduduk paling sedikit berada di Kecamatan Jambu (BPS Kabupaten Semarang, 2022; BPS Kota Salatiga, 2022). Data di Tabel 6.1 belum merepresentasikan persebaran penduduk di DTA Rawa Pening, sehingga perlu dipetakan agar terlihat persebarannya.



Gambar 6.7. Peta Jumlah dan Persebaran Penduduk di DTA Rawa Pening

Persebaran penduduk di DTA Rawa Pening disajikan dalam peta pada Gambar 6.7. Data persebaran penduduk dipetakan dengan teknik desimetrik, yaitu divisualisasikan secara merata berdasarkan luas poligon lahan terbangun. Teknik visualisasi ini pernah digunakan oleh Yulianto *et al.* (2014) dan lebih representatif daripada metode pemetaan *choropleth* walaupun metode ini masih ada kekurangannya yaitu belum merepresentasikan pemusatan penduduk. Visualisasi data penduduk menggunakan desimetrik menunjukkan bahwa penduduk di DTA Rawa Pening paling banyak berada di bagian Kota Salatiga serta Kecamatan Ambarawa dan Kecamatan Tuntang di Kabupaten Semarang.

Kondisi sosial politis dalam wilayah sekitar Rawa Pening secara runut adalah keberadaan proses dialog 'sains', 'sosial', dan 'politik ekonomi' yang menjadi satu kesatuan. Bentuk dari hal tersebut adalah pembahasan mengenai Rawa Pening di produk hukum seperti Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) yang dimiliki oleh Pemerintah Kabupaten Semarang. Pengelolaan wilayah Rawa Pening tidak dapat dilepaskan dari konsepsi pengelolaan sumber daya air, mengingat Rawa Pening merupakan wilayah perairan yang tidak saja penting bagi masyarakat lokal tetapi juga wilayah lainnya yang masih berada dalam kesatuan DTA Rawa Pening maupun DAS Tuntang. Ini membuat perlu keterlibatan pemerintah sebagai pembentuk kebijakan yang mengatur hajat hidup banyak masyarakat. Hal ini mengingat pengelolaan sumber daya air, tetap harus melibatkan institusi formal dalam pembentukan kebijakan dan implementasinya (Seftyono, 2014).

Greenberg & Park (1984) menyebutkan bahwa dalam kajian isu sosial masyarakat pada sebuah ekosistem maka perlu juga mengkaji sejarah ekosistem itu sendiri, budaya yang melekat padanya, sistem ekonomi, relasi manusia dengan alam serta pembangunan. Artinya pembahasan antara lingkungan dengan pendekatan kontemporer tidak bisa dilepaskan pada relasi antara lingkungan dengan masyarakat itu sendiri (Cristianawati, 2017). Baik masyarakat lokal maupun penduduk yang tidak bermukim di

wilayah tersebut. Penduduk di sekitar Rawa Pening ditinjau dari etnis, masyarakat yang tinggal di sekitar Danau Rawa Pening dan DTA Rawa Pening cenderung homogen dimana hampir semuanya merupakan suku Jawa. Hal ini membuat budaya kehidupan sehari-hari adalah budaya Jawa dengan mayoritas agama adalah pemeluk Islam, diikuti Katolik, Kristen Protestan, Hindu, dan Budha. Dengan demikian dapat dikatakan, meskipun Islam sebagai agama yang dominan di wilayah tersebut, budaya masih dapat dilihat dalam beberapa tradisi kemasyarakatan yang ada. Berkenaan dengan ini, maka ada beberapa hal yang menarik untuk diamati (Seftyono, 2014).

Kehidupan sosial masyarakat di sekitar Rawa Pening tergolong cukup aktif, baik, guyub serta masih terjaganya budaya unggah-ungguh atau tata krama (Lafiyaningtyas, 2016; Seftyono, 2014). Ini terlihat dengan adanya kegiatan kelompok, kerja bakti, dan paguyuban. Organisasi dan kelompok-kelompok di masyarakat juga sudah cukup beragam, dari mulai kelompok tani, kelompok nelayan, ibu- karang taruna, dan sebagainya (Seftyono, 2014). Beberapa studi juga menunjukkan bahwa diwilayah DTA Rawa Pening dan sekitarnya masih ditemukan masyarakat dengan tingkat partisipasi cukup baik dalam kegiatan pengelolaan lingkungan seperti di Getasan dan Ambarawa (Pangaribuan& Arifien, 2019; Wicaksono & Triyono, 2017; Manurung, 2013).

Kondisi sosial dari aspek kebudayaan menunjukkan bahwa beberapa kebudayaan masih eksis di wilayah rawa pening dan sekitarnya. Kebudayaan akan mitos-mitos nenek moyang dan juga sesaji masih selalu dilakukan masyarakat setiap bulan dan tahun tertentu. Salah satu tradisi yang khas di wilayah Rawa Pening adalah tradisi larung Rawa Pening. Tradisi larung Rawa Pening atau sedekah Rawa Pening ini merupakan wujud ungkapan syukur warga atas rejeki yang diterima oleh warga, terutama mereka yang menggantungkan hidup sebagai petani dan nelayan disekitar Rawa Pening (Pangaribuan& Arifien, 2019). Selain itu juga ada tradisi resik-resik rawa yang merupakan kegiatan kebersihan lingkungan yang dilakukan di sekitar Rawa Pening. Kegiatan tersebut meliputi membersihkan sampah yang terdapat di sekitar rawa serta

beberapa peraturan seperti tidak mengambil ikan dengan menggunakan racun, memanfaatkan tumbuhan air enceng gondok untuk didaur ulang menjadi kerajinan tangan, dan menebarkan benih ikan (Amalia *et al.*, 2019).

Kondisi ekonomi pada lingkungan budaya bisa berupa kegiatan ekonomi. Kegiatan ekonomi suatu wilayah didukung oleh beberapa faktor seperti kondisi sumber daya alam maupun sumber daya manusia. Pada faktor sumber daya alam, semakin banyak potensi yang bisa dimaksimalkan oleh masyarakat maka semakin berkembang pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut. Sumber daya alam dapat meliputi sumber daya alam yang dapat diperbaharui maupun tidak dapat diperbaharui. Beberapa pengelolaan sumber daya alam dapat berupa kegiatan seperti pertanian, perkebunan, perternakan, pertambangan dan sebagainya. Pengelolaan tersebut akan meningkatkan perekonomian yang berujung pada peningkatan kesejahteraan masyarakat jika dilaksanakan secara baik (Fitriani *et al.*, 2019).



Gambar 6.8. Nelayan di Danau Rawa Pening

Salah satu indikator untuk mengetahui tingkat ekonomi masyarakat pada suatu wilayah adalah mata pencaharian. Mata pencaharian masyarakat di DTA Rawa Pening dapat diidentifikasi melalui data dalam angka untuk wilayah Kabupaten Semarang dan Kota Salatiga. Mata pencaharian tersebut mayoritas adalah petani. Jika melihat dalam lingkup yang lebih detil yaitu Danau Rawa Pening dan sekitarnya, maka petani dan nelayan menjadi mata pencaharian mayoritas masyarakat disana. (Safriani *et al.*, 2019; Yulianto *et al.*, 2016; Partomo *et al.*, 2011).

Contoh wilayah dengan mayoritas mata pencaharian sebagai nelayan adalah Desa Asinan (Werdhiningsih & Sanjoto, 2021). Desa yang berada di utara Danau Rawa Pening ini bertumpu pada sektor perikanan yang menjadi salah satu komoditas dalam kegiatan perekonomian masyarakat (Gambar 6.8). Keberadaan Rawa Pening menjadi faktor pendukung ketersediaan sumber daya alam yang dapat dikelola dan dimanfaatkan untuk meningkatkan ekonomi masyarakat. Sumber daya tersebut tidak hanya ikan tetapi juga eceng gondok.

Eceng gondok sebenarnya adalah tanaman invasif yang berdampak negatif untuk ekosistem Rawa Pening. Bentuk pengelolaannya tidak hanya dengan membasminya tetapi juga mengolahnya untuk penunjang perekonomian masyarakat. Eceng gondok dapat diproses dengan teknologi yang cukup sederhana menjadi produk yang mempunyai nilai tinggi seperti kerajinan (Munfaati & Widowati, 2019).



Gambar 6.9. Kerajinan dari Eceng Gondok

Bentuk pengolahan eceng gondok menjadi kerajinan dilakukan secara bersama-sama oleh masyarakat dalam bentuk UMKM berbasis rumah atau HBE (*Home Based Enterprise*). Produk kerajinan dari eceng gondok seperti tas, gantungan kunci bahkan meja (Gambar 6.9). HBE didefinisikan sebagai salah satu usaha yang dapat dilakukan di rumah bisa dari proses produksi atau penjualan (Ernawati *et al.*, 2022; Strassmann, 1987). Saat ini perkembangan HBE juga didukung dengan majunya teknologi internet yang memungkinkan pengiriman ke pelanggan lebih cepat dan hemat (Sianturi & Tyas, 2018).



Gambar 6.10. Pemandangan Danau Rawa Pening (Instagram – Yoyokwiratmoko)

Sumber daya alam lain yang dimanfaatkan oleh masyarakat demi peningkatan ekonomi adalah wisata. Rawa Pening juga memiliki pemandangan alam yang merupakan perpaduan hamparan perairan dengan latar belakang gunung merupakan daya tarik tersendiri (Gambar 6.10). Pariwisata sendiri merupakan suatu fenomena yang menghasilkan pertumbuhan ekonomi. Ditinjau dari beragam atraksi wisata, baik secara alami maupun buatan hal ini menjadikan Danau Rawa Pening memiliki daya tarik dengan potensi lokal. Potensi tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara efektif jika tidak ada pengelolaan dan pengembangan yang baik. Sebaliknya jika potensi dapat dimanfaatkan secara maksimal,

dapat menciptakan peluang yang nantinya berimbas pada peningkatan kualitas hidup masyarakat.

PENGELOLAAN LINGKUNGAN DANAU RAWA PENING

Danau Rawa Pening memiliki potensi dan peranan yang penting dalam meningkatkan perekonomian masyarakat sekitar, menjaga keberlangsungan hidup berbagai biota, serta mendukung sistem ekologi di Jawa Tengah. Akan tetapi, potensi dan peranan tersebut terkikis seiring berjalannya waktu. Salah satu bentuk konkrit atas hal tersebut adalah ditetapkan Danau Rawa Pening sebagai salah satu danau prioritas revitalisasi dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (Fariz *et al.*, 2022).

Danau Rawa Pening ditetapkan sebagai danau prioritas revitalisasi nasional karena mengalami degradasi dengan tingkat yang cukup tinggi akibat fenomena eutrofikasi berupa blooming eceng gondok. Residu dari kegiatan industri, pertanian, peternakan, hingga aktivitas domestik yang bermuara di Danau Rawa Pening berkontribusi besar atas tingginya kandungan nutrisi, sehingga laju fenomena eutrofikasi sulit dikendalikan. Selain berdampak negatif terhadap kualitas perairan dan biota yang berada di dalamnya, fenomena ini mengganggu aktivitas ekonomi penduduk yang umumnya adalah nelayan dan penyewa perahu (Fitriani *et al.*, 2019).

Selain Danau Rawa Pening, DTA Rawa Pening merupakan bentuk konkrit lainnya yang menggambarkan penurunan potensi dan peran Rawa Pening dalam mendukung keberlangsungan makhluk hidup (Murbana & Handayani, 2021; Mardiatno *et al.*, 2021). DTA Rawa Pening telah mengalami laju erosi sebesar 66.632 ton/ha/tahun, dimana nilai tersebut termasuk dalam klasifikasi erosi dengan tingkat sangat berat. Dalam penelitian Sadewo (2022) juga disampaikan bahwa jumlah sedimen yang berasal dari DTA Rawa Pening berjumlah 2.350,44 ton/tahun dan akan bermuara ke Danau Rawa Pening. Laju sedimentasi dan erosi dalam tingkat yang tinggi akan mempengaruhi kualitas lahan dan perairan di Daerah Rawa Pening.

Lahan yang mengalami erosi merupakan dampak kumulatif dari rendahnya tingkat kerapatan vegetasi di wilayah tersebut. Kerapatan vegetasi yang dimaksud adalah pada tutupan lahan vegetasi berkayu seperti hutan lahan kering, hutan rakyat dan kebun campuran yang mengurangi limpasan permukaan (Fatahillah *et al.*, 2022; Fariz *et al.*, 2021). Wilayah dengan tingkat kerapatan vegetasi yang rendah akan mempengaruhi rendahnya kemampuan tanah dalam melakukan infiltrasi dan perkolasi terhadap air hujan. Selain itu, tingkat intersepsi tajuk vegetasi pada wilayah ini akan rendah, sehingga berdampak pada tidak adanya penghalang yang menyebabkan tingginya energi kinetik air hujan jatuh ke permukaan tanah. Air hujan dengan energi kinetik yang tinggi akan mengikis lapisan atas tanah (topsoil), sehingga terdapat partikel dari kikisan tanah dalam bentuk sedimen yang mengalir ke bagian dengan topografi lebih rendah (umumnya berupa badan air). Lapisan topsoil merupakan lapisan tanah subur karena memiliki kandungan organik yang tinggi. Apabila lapisan ini terus terkikis oleh fenomena erosi, lahan Rawa Pening akan mengalami penurunan produktivitas serta mengalirkan sedimentasi yang berada di badan air dengan kuantitas terus meningkat dari waktu ke waktu (Nursa'ban, 2006; Tutuarima *et al.*, 2021).

Sedimen yang berada di badan air akan mempengaruhi kualitas air di suatu wilayah. Sedimen mampu menghalangi penetrasi sinar matahari ke badan air, sehingga produktivitas dari zat organik di dalamnya yang membutuhkan sinar matahari dalam prosesnya pun menurun. Sedimen juga mampu mengikat berbagai logam yang bersifat organik, hidrofilik, dan hidrofobik. Sedimen yang berada di badan air akan sangat menentukan kualitas perairannya. Sedimen tersuspensi memiliki sifat yang berbeda-beda pada setiap perairan, sifatnya sangat dipengaruhi oleh keadaan tanah sedimen tersebut berasal. Sedimen yang berasal dari daerah subur akan meningkatkan kesuburan bahkan dapat memperbaiki tekstur tanah di tempat bermuaranya sedimen tersebut. Sedimen yang berasal dari daerah dengan tingkat erosi parah akan memperburuk unsur hara dan mengurangi

permeabilitas tanah dari sedimen tersebut bermuara (Setyowati, 2016).

DTA Rawa Pening yang terletak di dua wilayah administrasi berbeda yaitu Kota Salatiga dan Kabupaten Semarang merupakan salah satu penyebab mengapa pengelolaannya masih sulit untuk dilakukan. Hingga saat ini, integritas dari stakeholder masing-masing daerah dalam pengelolaan DTA Rawa Pening masih belum dilakukan secara optimal. Hal tersebut dapat terlihat dari berbagai upaya pengelolaannya masih dilakukan secara spasial dan hanya mementingkan beberapa wilayah Sub-sub DAS Rawa Pening tertentu saja. Selain itu, beberapa upaya yang dilakukan oleh beberapa stakeholder masih berorientasi pada manajemen bencana, bukan manajemen resiko. Pada tahun 2021, Badan Besar Wilayah Sungai (BBWS) Pemali Juana menjalin kerja sama dengan Kodam Diponegoro dalam revitaliasi Danau Rawa Pening (BBWS Pemali Juana, 2021; Pendam VI Diponegoro, 2021). Bentuk revitalisasi berupa membersihkan dan mengangkang eceng gondok di Danau Rawa Pening secara besar-besaran yang membuat penurunan drastis tutupan air oleh eceng gondok (Gambar 6.11).



Gambar 6.11. Kegiatan Pembersihan dan Pengangkang Eceng Gondok (Pendam VI Diponegoro, 2021)

Kegiatan tersebut memberi hasil yang sangat positif yaitu berkurangnya tutupan eceng gondok di Danau Rawa Pening secara drastis (Gambar 6.11). Walaupun begitu, kegiatan tersebut merupakan contoh dari upaya yang masih berorientasi pada manajemen bencana. Padahal, manajemen resiko sedikit lebih baik dan cocok diterapkan pada DTA Rawa Pening untuk mengantisipasi dampak negatif dari berbagai fenomena bencana alam maupun non alam yang dapat terjadi. Revitalisasi danau prioritas dan DTA dengan semboyan “mencegah lebih baik daripada mengobati” sejalan dengan anjuran untuk melakukan tindakan preventif seperti pengendalian pemanfaatan sumber daya lebih intensif daripada mengobati atau membalikkan degradasi/kerusakan yang merupakan tindakan kuratif (Mardiatno *et al.*, 2022; Spears *et al.*, 2022).



Gambar 6.12. Kenampakan Danau Rawa Pening dari Google Earth

Beberapa contoh yang dapat diterapkan pada Rawa Pening adalah membuat peraturan yang berkaitan dengan pengendalian erosi-sedimentasi dan eutrofikasi (Mardiatno *et al.*, 2022). Hal ini seperti membangun lahan pertanian ataupun perkebunan yang berlawanan arah dengan arah lerengnya, menghitung secara pasti kebutuhan pupuk terhadap luasan lahan pertanian ataupun perkebunan, menerapkan sistem *rainwater harvesting* yang dilengkapi dengan sistem filter sehingga dapat memasok air bersih untuk berbagai aktivitas, membangun sumur resapan, tidak

melakukan alih fungsi lahan di Sub-sub DAS lebih dari 50% total wilayahnya serta pemantauan kinerja operasional program dengan menggunakan sistem informasi (Mardiatno *et al.*, 2022; Setyowati, 2016).

SIMPULAN

Danau Rawa Pening merupakan salah satu danau prioritas nasional yang perlu direvitalisasi. Dalam penyusunan kebijakan dan strategi revitalisasi maka perlu memahami kondisi lingkungan di Danau Rawa Pening dalam kesatuan hidrologi yaitu DTA atau DAS Rawa Pening. Selain itu perlu juga memahami kondisi lingkungan yang mana terdiri dari komponen abiotik, biotik dan budaya. Pemahaman kondisi lingkungan secara komprehensif dirasa akan mempermudah dalam penentuan strategi dan kebijakan pengelolaan Danau Rawa Pening.

Bentuk pengelolaan Danau Rawa Pening sebaiknya adalah dengan tindakan preventif, bukan tindakan seperti rehabilitasi. Ini seperti semboyan “mencegah lebih baik daripada mengobati”. Bentuk pengelolaan bisa difokuskan pada pengendalian erosi-sedimentasi dan eutrofikasi yang tak hanya disekitar Danau Rawa Pening tetapi juga bagian hulu sub-DAS yang berada di DTA Rawa Pening.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kepada LPPM UNNES yang telah memberikan dana Penelitian Dasar tahun 2022 dengan Nomor 114.8.4/UN37/PPK.3.1/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, H., Yulianetta., & Damaianti, V.S., 2019. Pendekatan Geo-Cultural Dan Geo-Mystisme Dalam Legenda Rawa Pening Sebagai Bahan Ajar Bahasa Indonesia Bagi Penutur Asing (BIPA). *Seminar Internasional Riksa Bahasa*.
- BBWS Pemali Juana., 2021. *Sinergi BBWS Pemali Juana dengan TNI dalam Revitalisasi Danau Rawa Pening Kab. Semarang*.

- Cristianawati, C., 2017. Tradisi Masyarakat Nelayan Rawa Pening Kelurahan Bejalen Kecamatan Ambarawa Kabupaten Semarang. *Sabda: Jurnal Kajian Kebudayaan*, 12(2), pp.155-160.
- Ernawati, R., Widiastuti, M.A., & Ratodi, M., 2022. Spatial Adaptation on Home-based Enterprises Development in Kampung. *Proceedings of the Built Environment, Science and Technology International Conference (BEST ICON 2018)*, pp. 54-61
- Fang, H., Liu, G., & Kearney, M., 2005. Georelational Analysis of Soil Type, Soil Salt Content, Landform, and Land Use in the Yellow River Delta, China. *Environmental Management*, 35, pp.72-83.
- Fariz, T.R., Daeni, F., & Sultan, H., 2021. Pemetaan Perubahan Penutup Lahan Di Sub-DAS Kreo Menggunakan Machine Learning Pada Google Earth Engine. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(2), pp.85-92.
- Fariz, T.R., Suhardono, S., Sultan, H., Rahmawati, D., Arifah, E.Z., 2022. Land Cover Mapping in Lake Rawa Pening Using Landsat 9 Imagery and Google Earth Engine. *Journal of Environmental and Science Education*, 2(1), pp.1-6.
- Fatahillah, A.W., Suyarto, R., & Wiyanti, W., 2022 Analisis Spasial Koefisian Limpasan Permukaan untuk Estimasi Luapan Banjir di DAS Tukad Buleleng Provinsi Bali. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 2022.
- Fitriani, D., Fajariah, R.A.A., A'dawiyah, R., Abdullah, I.A., Khasanah, U., Rizky, R., & Ilmi, M., 2019. Pengaruh Tanaman Enceng Gondok Terhadap Aktivitas Perekonomian Masyarakat Desa Kebondowo di Rawa Pening. *Jurnal Riset Teknologi dan Inovasi Pendidikan (Jartika)*, 2(2), pp.117-128.
- Gobel, E.Z., & Koton, Y.P., 2017. *Pengelolaan Danau Limboto dalam Perspektif Implementasi Kebijakan Publik*. Deepublish
- Greenberg, J.B., & Park, T.K., 1994. Political Ecology. *Journal of Political Ecology*, 1(1), pp.1-12.

- Haryani, G. S. (2013). Kondisi Danau di Indonesia dan Strategi Pengelolaannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MLI I*, 2, 1-19.
- Inez, I. (2021). Dongeng Baru Klinting Asal Muasal Rawa Pening Cerita Rakyat Jawa Tengah. Diakses dari <https://jateng.tribunnews.com/2021/08/14/dongeng-baru-klinting-asal-muasal-rawa-pening-cerita-rakyat-jawa-tengah>
- Kenoba, M. O., & Bala, A. (2021). Praksis Konservasi Alam Pada Etnis Lamaholot: Paradigma Eco-Religi. *Sejarah dan Budaya: Jurnal Sejarah, Budaya, dan Pengajarannya*, 15(2), 291-304.
- Lafiyangingtyas, I. (2016). Pergeseran Unggah-ungguh dalam Keluarga Jawa di Desa Cemanggah Lor, Kecamatan Ungaran Barat Kabupaten Semarang, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Mahmud, S. L., Achmad, N., & Panigoro, H. S. (2020). Revitalisasi Danau Limboto dengan Pengerukan Endapan di Danau: Pemodelan, Analisis, dan Simulasinya. *Jambura Journal of Biomathematics (JJBm)*, 1(1), 31-40.
- Manurung, R. A. (2013). Peran masyarakat dan swasta dalam pengelolaan sampah di kota kecil Jawa Tengah (Studi kasus: Kawasan Kupang Kidul, Kota Ambarawa). *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 1(3), 227-244.
- Mardiatno, D., Faridah., Sunarno., Najib, D. W. A., Widyaningsih, Y., Setiawan, M. A. (2021). Tata Kelola Lanskap Rawapening Berdasarkan Tingkat Resiko Bencana Lingkungan di Sub DAS Rawapening. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*, 5(1), 21- 41.
- Mardiatno, D., Faridah, F., Listyaningrum, N., Hastari, N. R. F., Rhosadi, I., da Costa, A. D. S., ... & Setiawan, M. A. (2022). A Holistic Review of Lake Rawapening Management Practices, Indonesia: Pillar-Based and Object-Based Management. *Water*, 15(1), 39.
- Munfaati, S., & Widowati, N. (2019). Pemberdayaan Masyarakat Dalam Pemanfaatan Eceng Gondok Untuk Mendorong

- Kesejahteraan Di Desa Kebondowo Kecamatan Banyubiru Kabupaten Semarang. *Journal of Public Policy and Management Review*, 8(2), 455-472.
- Murbana, P. A.F., Handayani, W. (2021). Kajian Kerentanan Banjir Rawapening: Tinjauan Berdasarkan Daerah Aliran Sungai (DAS). *Prosiding Seminar Nasional Asosiasi Sekolah Perencanaan Indonesia (ASPI) 2021*, pp.146-157.
- Ngunjiri, M.W., Libohova, Z., Owens, P.R., & Schulze, D.G., 2020. Landform Pattern Recognition and Classification for Predicting Soil Types of the Uasin Gishu Plateau, Kenya. *Catena*, 188, pp.104390.
- Nugroho, N.P., 2022. Spatial Distribution of Nutrient Export from the Catchment Area of Lake Rawapening. *Proceedings of the International Conference on Radioscience, Equatorial Atmospheric Science and Environment and Humanosphere Science 2021*, pp.517-529.
- Nursa'ban, M., 2006. Pengendalian Erosi Tanah Sebagai Upaya Melestarikan Kemampuan Fungsi Lingkungan. *Geomedia*, 4(2), pp.93-115.
- Pangaribuan, L., & Arifien, M., 2019. Partisipasi Masyarakat dalam Upaya Pengembangan Objek Wisata Bukit Cinta Kawasan Rawa Pening Kecamatan Banyubiru Kabupaten Semarang. *Edu Geography*, 7(3), pp.198-203.
- Partomo, P., Mangkuprawira, S., Hubeis, A.V.S., & Adrianto, L., Ketergantungan dan Kerentanan Masyarakat terhadap Sumberdaya Danau: Kasus Danau Rawa Pening. *Media Konservasi*, 16(3), pp.231326.
- Pendam IV Diponegoro., 2021. *Revitalisasi Danau Rawa Pening Mampu Tingkatkan Potensi Wisatawan*.
- Piranti, A.S., 2019. *Pengendalian Eutrofikasi Danau Rawa Pening*. Universitas Jendral Soedirman.
- Sadewo, B.E.C., Ni'am, M.F., Poedjiastoeti, H., 2022. Prediksi Laju Sedimentasi di Sub DAS Rawapening Kabupaten Semarang. *Briliant: Jurnal Riset dan Konseptual*, 7(1), pp.220-228.
- Safriani, E.W., Jayanti, R.D., Merselena, M., Nuryawan, F., Eka, T.V., Wahyudi, G.N., Hadi, R., Mufida, A.Z., & Wibowo, Y.A., 2019.

- Karakteristik dan Dinamika Nelayan Rawa Pening (Kasus Kecamatan Banyubiru. *JPIG (Jurnal Pendidikan dan Ilmu Geografi)*, 4(2), pp.43-56.
- Sapriandi., 2017. Buku Komik Baru Klinting (Legenda Rawa Pening Kabupaten Semarang). *Skripsi*. Fakultas Bahasa & Seni, Universitas Negeri Semarang
- Seftyono, C., 2014. Rawa Pening dalam Perspektif Politik Lingkungan: Sebuah Kajian Awal. *Indonesian Journal of Conservation*, 3(1). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setyowati, R.D.N., 2016. Studi Literatur Pengaruh Penggunaan Lahan Terhadap Kualitas Air. *Sistem: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, 12(1), pp.7-15.
- Sianturi, O.O., & Tyas, W.P., 2018. Kajian Kontribusi UMKM Berbasis Rumah Eceng Gondok Melalui Penggunaan Internet terhadap Pendapatan Pelaku Usaha di Kawasan Rawapening. *Jurnal Pengembangan Kota*, 6(2), pp.118-126.
- Soeprobowati, T.R., 2012. Peta Batimetri Danau Rawapening. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 14(2), pp.78-84.
- Spears, B.M., Hamilton, D.P., Pan, Y., Zhaosheng, C., & May, L., 2022. Lake Management: is Prevention Better than Cure?. *Inland Waters*, 12(1), pp.173-186.
- Strassmann, W.P., 1987. Home-Based Enterprises in Cities of Developing Countries. *Economic Development and Cultural Change*, 36(1), pp.121-144.
- Suawa, P.J., Pioh, N.R., & Waworundeng, W., 2021. Manajemen Pengelolaan Dana Revitalisasi Danau Tondano Oleh Pemerintah Kabupaten Minahasa (Studi Kasus Di Balai Wilayah Sungai Sulawesi). *Governance*, 1(2).
- Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, E.S., & Subandiono, R.E. 2014. *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor, pp.22.
- Wahyuni, T., & Setiawan, D., 2016. Legenda Rawa Pening: Cerita Rakyat dari Jawa Tengah.

- Yuliyanto, E., Astuti, A.P., & Rahmawati, A.A., 2016. Potensi Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Rawa Pening Untuk Budidaya Jamur Campignon Perspektif Desa Ekowisata Asinan. *Prosiding Seminar Nasional & Internasional*, 1(1).
- Werdhingsih, C., & Sanjoto, T.B., 2021. Tingkat Literasi Ekologi Masyarakat Desa Asinan Terhadap Konservasi Kawasan Rawa Pening. *Edu Geography*, 9(1), pp.42-50.
- Weri, M.N., & Sucahyo, S., 2017. Keterkaitan Alat Tangkap Ikan dengan Jenis Ikan yang Didapatkan di Rawa Pening. *Bioedukasi UNS*, 10(2), pp.35-43.
- Wicaksono, K.A., & Triyono, A., 2017. Partisipasi Masyarakat Dalam Pemberdayaan Masyarakat melalui Pengembangan Desa Wisata (Dewi) Menari Dusun Tanon Desa Ngrawan Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang. *Doctoral Dissertation*. Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Widhaningtyas, T.U., Putra, A.C.P., & Fariz, T.R., 2020. Perbandingan Metode Koreksi Topografi Pada Citra Satelit Landsat 8 Di Wilayah Gunung Telomoyo, Jawa Tengah. *Jurnal Geografi: Media Informasi Pengembangan dan Profesi Kegeografian*, 17(2), pp.32-38.
- Yulianto, F., Tjahjono, B., & Anwar, S., 2014. Detection Settlements and Population Distribution Using GIS and Remotely Sensed Data, in the Surrounding Area of Merapi Volcano, Central Java, Indonesia. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, 4(3), pp.1-10.

BAB VII. MODEL PRAKIRAAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI BANGUNAN GEDUNG KAMPUS BERBASIS *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACKPROPAGATION*

Said Sunardiyo¹, Henry Ananta¹, Riana Devi M.P¹,

Rani Thufaila Yofanda², Rifqi Muhammad Yofatama³

¹Program Studi Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang

²Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Industri
Universitas Sultan Agung Semarang

³Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Republik Indonesia

Email: saidelektro@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i3.153>

ABSTRAK

Kampus dipandang sebagai kawasan yang memiliki tingkat penggunaan energi yang tinggi melalui aktivitas pendidikan di gedung- gedung dari aktivitas warga kampus hijau Universitas Negeri Semarang (UNNES). Langkah yang diharapkan untuk mengurangi biaya konsumsi energi di kampus hijau adalah melalui program konservasi energi salah satunya dengan mengetahui konsumsi energi di masa depan melalui prakiraan berdasarkan data-data historis tahun-tahun sebelumnya. Prakiraan penggunaan energi di bangunan gedung penting dilakukan hal ini untuk meningkatkan kinerja energi, dengan tujuan mencapai konservasi energi dan mengurangi dampak lingkungan (emisi CO₂). Lokasi penelitian di kampus hijau UNNES Hasil penelitian menunjukkan model *Artificial Neural Network (ANN) backpropagation* untuk memprakirakan kebutuhan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES ini berdasarkan data eksternal iklim dan okupansi per

bulan dari tahun 2013-2020, meliputi data pada saat sebelum pandemi Covid 19 dan pada saat pandemi Covid 19. Arsitektur jaringan terbaik dengan pola 6 neuron input layer, 20 neuron hidden layer dan 1 neuron output layer sebagai hasil dari uji coba 18 variasi fungsi aktivasi dan fungsi pelatihan. Adapun hasil validasi nilai aktual pengukuran terhadap nilai target prakiraan pada tahun 2019 dan 2020 memberikan keakurasian nilai MSE sebesar 0,0832 dan MAPE sebesar 22,553% sehingga dikategorikan peramalan wajar dipergunakan sebagai model prakiraan penggunaan energi listrik tahun 2021-2025.

Kata kunci: Model ANN Backpropagation, Konsumsi Energi Listrik, Bangunan Gedung

PENDAHULUAN

Kinerja energi dalam bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi cuaca sekitar, struktur dan karakteristik bangunan, pengoperasian komponen listrik seperti pencahayaan dan sistem HVAC, hunian dan perilakunya, kondisi ini membuat kinerja energi sangat sulit untuk akurat menerapkan prakiraan konsumsi energi bangunan. (Zhao & Magoulès, 2012). Prakiraan penggunaan energi di bangunan gedung penting dilakukan hal ini untuk meningkatkan kinerja energi, dengan tujuan mencapai konservasi energi dan mengurangi dampak lingkungan. Namun, sistem energi dalam bangunan cukup kompleks, seperti jenis energi dan jenis bangunan sangat bervariasi. Dalam literatur, bentuk energi utama dipertimbangkan adalah pemanasan dan pendinginan, konsumsi air panas dan listrik. Jenis bangunan yang paling sering dipertimbangkan adalah kantor, perumahan dan bangunan teknik, bervariasi dari kamar kecil hingga perkebunan besar. Perilaku energi suatu bangunan dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti kondisi cuaca, terutama bohlam kering suhu, konstruksi

bangunan dan properti termal bahan fisik yang digunakan, hunian dan perilakunya, komponen sub-level seperti pencahayaan, HVAC (Pemanasan, Ventilasi, dan Sistem Pendingin Udara), kinerja dan jadwalnya

Aimee (2017) menyatakan bahwa Konsumsi energi di sektor industri dan komersial (layanan) menyumbang hampir 40% dari emisi gas rumah kaca global. Mengurangi konsumsi energi ini akan sangat penting bagi negara-negara untuk mencapai komitmen pengurangan gas rumah kaca nasional mereka. Standar manajemen ISO 50001-Energi menyediakan kerangka kerja perbaikan berkelanjutan bagi organisasi untuk mengurangi konsumsi energi. Beberapa kebijakan nasional sudah mendukung ISO 50001; namun, tidak ada proses yang transparan dan konsisten untuk memperkirakan dampak potensial dari implementasinya. Metodologi Dampak yang dikembangkan pada ISO 50001, merupakan metodologi yang dikembangkan secara internasional untuk menghitung dampak ini pada skala nasional, regional, atau global yang cocok untuk digunakan oleh pembuat kebijakan.

Dampak Global ISO 50001 yang baru-baru ini dibentuk menyediakan forum bagi para pembuat kebijakan untuk memperbaiki dan mendorong penggunaan metodologi ini. Dengan menggunakan metodologi ini, skenario dengan 50% proyeksi konsumsi energi sektor industri dan jasa global di bawah manajemen ISO 50001 pada tahun 2030 akan menghasilkan penghematan energi primer kumulatif sekitar 105 EJ, penghematan biaya hampir US \$ 700 miliar (diskon untuk nilai bersih sekarang 2016), dan 6500 juta metrik ton (Mt) dari emisi CO₂ yang dihindari. Emisi CO₂ tahunan yang dihindari pada tahun 2030 saja setara dengan mengeluarkan 210 juta kendaraan penumpang dari jalan.

Peramalan energi yang andal membantu pengelola/manajer menyiapkan anggaran masa depan untuk gedung mereka. Oleh karena itu, model prakiraan yang sederhana, lebih mudah, dan dapat diandalkan yang dapat digunakan untuk berbagai jenis bangunan diinginkan (Amber & Aslam, 2017). Dalam penelitiannya menyajikan model perkiraan berdasarkan lima tahun dari set data nyata untuk satu variabel dependen (konsumsi listrik harian) dan enam variabel penjelas (suhu sekitar, radiasi matahari, kelembaban relatif, kecepatan angin, indeks hari kerja dan jenis bangunan). Persamaan matematika tunggal untuk perkiraan listrik harian penggunaan bangunan kampus telah dikembangkan menggunakan teknik Multiple Regression (MR). Data dua bangunan tersebut, terletak di Southwark Campus, London South Bank University di London. Hasil uji prakiraan model MR diperiksa dan dinilai berdasarkan data konsumsi listrik nyata dari kedua gedung pada tahun 2011. Hasilnya menunjukkan bahwa dari enam variabel penjelas, tiga variabel yaitu: suhu sekitar, index hari kerja dan tipe bangunan berpengaruh signifikan terhadap konsumsi energi bangunan. Hasil dari model ini dikaitkan dengan Normalized Root Mean Square Error (NRMSE) sebesar 12% untuk gedung administrasi dan 13% untuk gedung akademik.

Prakiraan yang akurat dari konsumsi listrik sebuah bangunan memberikan garis dasar untuk manajemen energi dan menunjukkan potensi penghematan energi bangunan. Tetapi, indikator pemanfaatan listrik berdasarkan luas bangunan tidak lagi berlaku karena peningkatan keseluruhan luas bangunan per orang dan permintaan energi penghuni bangunan. Konsumsi listrik dasar terkait dengan luas bangunan, sedangkan variabel konsumsi listrik terkait dengan hunian bangunan. Fungsi probabilitas dan model Markov digunakan untuk menggambarkan konsumsi listrik

yang disebabkan oleh kecacakan hunian pada bangunan. Model ini divalidasi menggunakan tiga bangunan kampus. Berdasarkan perbandingan tagihan listrik aktual bangunan kampus dengan hasil prakiraan model, kesalahan akurasi model kurang dari 5% (Yan & Qiaochu, 2020).

North China University Of Science and Technology sebagai pelanggan besar sumber daya energi listrik telah melaksanakan pengukuran aktual dan simulasi konsumsi energi dan analisis penghematan energi untuk konsumsi energi kampus (Ruijiang *et al.*, 2017).

Permasalahan yang dihadapi adalah energi primer 85% berasal dari energi tak terbarukan, bersumber dari fosil (batu bara, minyak, gas dan lainnya). Di sisi ekonomi hal ini membutuhkan biaya tinggi untuk pengadaan energi fosil, sedangkan di sisi lain batu bara, minyak, gas selalu memberikan dampak buruk terhadap lingkungan karena menghasilkan polusi. Data dari ESMAP (*Energy Mangement Assistance Program*) menyebutkan bahwa batu bara, minyak dan gas sebagai energi primer menghasilkan CO₂ yang sangat besar ketika menghasilkan energi listrik.

Kebijakan Pemerintah Republik Indonesia terkait dengan Penghematan Energi berdasarkan Permen ESDM 13 Tahun 2012 meliputi 2 ruang lingkup yaitu (1) Lembaga yang meliputi: Bangunan Gedung Negara, Bangunan Gedung BUMN, BUMD dan BHMN, Rumah Tinggal Pejabat, Penerangan Jalan Umum, Lampu Hias dan Papan Reklame; (2) Ruang lingkup penghematan yaitu pnghematan pada: Sistem Udara, Sistem Cahaya, Peralatan pendukung meliputi: lift, computer, printer, mesin fotokopi, peralatan audio-video, water heater atau dispenser. Melihat dominasi energi berbahan dasar fosil untuk keperluan pembangkit listrik, maka apabila minyak bumi, batubara dan gas tersebut

dieksploitasi secara terus menerus maka suatu saat akan habis dan tidak bisa diperbarui.

Menurut Peraturan Pemerintah No. 70 Tahun 2009 tentang Konservasi Energi, definisi konservasi energi adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu guna melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Konservasi bukan dilakukan untuk membatasi pemakaian melalui penjatahan penggunaan yang dapat mengganggu pertumbuhan tetapi utamanya adalah untuk meningkatkan efisiensi pemakaian. Efisiensi yang dimaksud adalah ketepatan penggunaan energi dan meminimalisir terbuangnya energi secara sia-sia. Dalam program konservasi energi ini, tentu tidak hanya pemerintah dan pengambil kebijakan yang berkewajiban berperan serta, karena program ini merupakan suatu tindakan yang mencakup multi dimensi. Termasuk di dalamnya dituntut perubahan budaya dalam masyarakat. Konservasi energi merupakan bagian dari usaha untuk menanamkan budaya hemat, efisien dan produktif dalam masyarakat.

Salah satu bentuk penerapan pembangunan berkelanjutan yaitu pada tingkat kawasan pendidikan. Upaya menerapkan konsep pembangunan berkelanjutan pada sektor pendidikan dilakukan oleh badan organisasi dunia PBB yaitu UNESCO yang menyuarakan pentingnya menerapkan konsep "*Education For Sustainable Development (ESD)*", di kawasan pendidikan. Kawasan pendidikan strategis dalam hal ini adalah kawasan perguruan tinggi, yang merupakan kawasan tempat dimana para intelektual muda dilahirkan, untuk dapat memberi solusi dalam suatu permasalahan bangsa dan pengembangan suatu bangsa. Sektor pendidikan merupakan salah satu pilihan yang tepat untuk menumbuhkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan. Salah satunya adalah kampus yang menerapkan

keberlanjutan. Kampus berkelanjutan merupakan kampus yang peduli terhadap lingkungan untuk masa yang akan datang, seperti halnya yang dikemukakan oleh menurut Beberapa penelitian model peramalan *energy use* di bangunan untuk memprakiraan besarnya pemakaian energi di bangunan gedung kampus sebagai salah satu pilar pengembangan kampus hijau pada masa mendatang. Model prakiraan energi listrik penting dilakukan karena dengan hasil prakiraan dapat memberi arah perencanaan kebijakan bagi pengambil keputusan di Perguruan Tinggi di masa depan, sebagai upaya memaksimalkan efisiensi energi listrik di kampus hijau. Prakiraan adalah salah satu pemanfaatan dari teknologi *data mining*. *Data mining* adalah campuran dari statistik, kecerdasan buatan dan riset basis data yang masih berkembang. Seiring dengan perkembangan teknologi, maka berbagai model prakiraan juga mengalami kemajuan yang cukup pesat (Prasetyo, 2014). Jaringan syaraf tiruan dapat digunakan untuk memprakiraan karena memiliki kemampuan meneliti dan mengenali pola data historis. Penerapan jaringan syaraf di bidang peramalan dan prakiraan berada di hampir semua studi ilmiah dari tahun terakhir karena memiliki akurasi yang lebih baik dari model statistik dan matematika, selain itu jaringan syaraf tiruan memiliki keluwesan, baik dalam perancangan maupun penggunaannya (Sharma, Najhawan, 2015).

Artificial Neural Network (ANN) atau Jaringan Syaraf Tiruan (JST) merupakan sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik mirip dengan jaringan syaraf biologi. Jaringan syaraf tiruan terinspirasi oleh otak manusia dimana neuron saling interkoneksi secara non-linier. Neuron merupakan elemen pengolahan jaringan syaraf tiruan. Setiap neuron menerima *input*, memproses *input* tersebut kemudian mengirimkan hasilnya berupa sebuah *output*. Penelitian ini

menggunakan ANN *backpropagation* karena kesederhanaan dan kinerjanya biasanya baik. Algoritma *backpropagation* mempunyai cara kerja dengan menyesuaikan bobot yang saling terhubung antara neuron untuk mencapai kesalahan minimum antara keluaran hasil prakiraan dengan keluaran yang nyata (Sharma & Nijhawan, 2015). Selain itu jaringan syaraf tiruan *backpropagation* memiliki kelebihan lain dibandingkan jaringan syaraf tiruan lainnya yaitu jaringan syaraf tiruan *backpropagation* menggunakan pelatihan terawasi. Jaringan syaraf disebut terawasi jika *output* yang diharapkan sudah diketahui sebelumnya (Park, 2006). Jaringan syaraf tiruan *backpropagation* berisi metode pelatihan *backpropagation* yang sangat umum, yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah di banyak area dan dapat ditemukan di hampir setiap bidang. Hasil **review** prakiraan konsumsi energi di bangunan menggunakan ANN, salah satu kesimpulan bahwa **area research** ke depan ialah tentang pengembangan prakiraan hunian (okupansi) yang lebih banyak dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dan strategi mereka. **Hunian** dan **beban** yang digerakkan oleh penghuni tetapi menjadi area dengan sedikit perhatian, meskipun menjadi faktor utama dalam banyak beban internal dan / atau bangunan yang didorong oleh beban penghuni (Jason & Radu, 2019). Bahwa faktor kondisi hunian dan cuaca aktual dapat berdampak signifikan terhadap konsumsi energi gedung (Farah *et al.*, 2019; Lupato, 2019). Tingkat hunian dan kondisi lingkungan lokal, seperti suhu, rasio kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kecepatan angin, berdampak pada konsumsi energi listrik aktual gedung kampus baik untuk hari kerja maupun tidak (Moon *et al.*, 2020). Selain itu penerapan energi baru terbarukan (EBT) di kampus hijau perlu diperhitungkan dalam memprakirakan kebutuhan energi pada bangunan gedung di kampus hijau. Di

Universitas Negeri Semarang sebagai salah satu *green campus* di Indonesia pemakaian solar PV untuk sumber energi baru terbarukan dari tahun ke tahun tercatat semakin meningkat jumlahnya (Rajesh *et al.*, 2013).

PERMASALAHAN

- a. Bagaimana membangun pemodelan sistem yang dapat digunakan untuk memprediksi konsumsi energi listrik untuk tahun mendatang sehingga dapat menjadi pertimbangan kebutuhan dan efisiensi energi listrik di kampus.
- b. Bagaimana menerapkan model yang dipilih yaitu model *Artificial Neural network Backpropagation* untuk memprediksi konsumsi energi listrik untuk tahun mendatang berdasarkan kajian dari review hasil-hasil penelitian yang sebelumnya. sehingga diperoleh hasil yang valid.

TUJUAN

- a. Mengimplementasikan model ANN *backpropagation* untuk memprediksi penggunaan energi listrik di bangunan kampus
- b. Memperoleh tingkat akurasi dan hasil prakiraan menggunakan model ANN *backpropagation* dalam memprediksi penggunaan energi listrik di bangunan kampus yang handal dan dapat dipercaya.

PRAKIRAAN

Prakiraan merupakan hal penting yang dipakai untuk mengetahui kejadian di masa mendatang melalui pengenalan pola kejadian di masa lampau. Dengan cara mengetahui kejadian yang akan terjadi membuat setiap orang lebih mempersiapkan segala sesuatu, baik untuk kehidupan manusia maupun harta benda yang dimiliki. Prakiraan adalah salah satu pemanfaatan dari teknologi

data mining. Daryl Pregibon dalam Prasetyo (2014), *data mining* adalah gabungan dari statistik, kecerdasan buatan dan riset basis data yang masih berkembang. Sejalan perkembangan teknologi, maka berbagai model prakiraan juga mengalami kemajuan yang pesat. Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau *Artificial Neural Network* (ANN) dapat digunakan untuk memprakiraan karena memiliki kemampuan meneliti dan mengenali pola data historis. Penerapan JST di bidang peramalan berada di hampir semua studi ilmiah dari tahun terakhir karena memiliki akurasi yang lebih baik dari model Statistik dan Matematika, selain itu Jaringan Syaraf Tiruan memiliki fleksibilitas baik dalam perancangan maupun penggunaannya (Sharma & Nijhawan, 2015).

MODEL ARTIFICIAL NEURAL NETWORK BACK PROPAGATION

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang banyak menyinggung mengenai *Artificial neural network backpropagation* untuk dijadikan referensi pada penelitian ini. Beberapa penelitian tersebut diantaranya :

1. Rajesh Kumar, R.K. Aggarwal, J.D. Sharma, (2013), meneliti bahwa *Artificial Neural Network (ANN)* dapat digunakan untuk memprakiraan konsumsi energi lebih andal daripada model simulasi tradisional dan teknik regresi. ANN saat ini diterima sebagai teknologi alternatif yang menawarkan cara untuk mengatasi masalah yang kompleks dan tidak jelas. Data-data parameter tidak diprogram dengan cara tradisional tetapi dilatih menggunakan data riwayat masa lalu yang mewakili perilaku suatu sistem.
2. Zhao & Magoulès (2012) melakukan penelitian bahwa ANN adalah model kecerdasan buatan yang paling cocok digunakan penerapan prakiraan energi bangunan. Tipe model ini terbukti mampu memecahkan masalah non-linear dan merupakan pendekatan yang efektif untuk

aplikasi yang kompleks ini. Dalam kurun waktu dua puluh tahun terakhir, para peneliti telah menerapkan ANN untuk menganalisis berbagai jenis energi bangunan Konsumsi dalam berbagai kondisi, seperti pemanasan / pendinginan beban, konsumsi listrik, operasi komponen sub-level dan optimasi, estimasi parameter.

3. Lee & Choi (2013) meneliti bahwa algoritma *backpropagation* mempunyai prinsip kerja dengan menyesuaikan bobot yang saling terhubung antara neuron untuk mencapai kesalahan minimum antara output hasil prakiraan dengan output yang nyata.
4. Jason Runge, dan Radu Zmeureanu, (2019) meneliti bahwa jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* berisi metode pelatihan *backpropagation* yang sangat umum, yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah di banyak area dan dapat ditemukan di hampir setiap bidang. Hasil **review** model prakiraan konsumsi energi di bangunan menggunakan *Artificial Neural Network Backpropagation* (ANN-BP), salah satu kesimpulan bahwa **area research** ke depan ialah tentang pengembangan prakiraan hunian (okupansi) yang lebih banyak dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dan strategi mereka. **Hunian** dan **beban** yang digerakkan oleh penghuni tetapi menjadi area dengan sedikit perhatian, meskipun menjadi faktor utama dalam banyak beban internal dan / atau bangunan yang didorong oleh beban penghuni.
5. Moon Keun Kim, Yang Seon Kim, Jelena Srebric (2020) meneliti bahwa tingkat hunian dan kondisi lingkungan lokal, seperti suhu, rasio kelembaban, radiasi matahari, kecepatan angin, dan kelembaban, berdampak pada konsumsi energi listrik aktual gedung kampus baik untuk hari kerja maupun tidak.

6. Hamid R. Khosravani, María Del Mar Castilla, et. Al (2016). melakukan penelitian perbandingan model prakiraan konsumsi energi berdasarkan *Jaringan Saraf Tiruan (JST) Bioklimatik*. Untuk mengendalikan konsumsi energi listrik di gedung, berbagai alternatif berbeda telah diusulkan, mulai dari pemanfaatan arsitektur bioklimatik hingga penggunaan model prakiraan. model kecerdasan buatan seperti jaringan saraf dan SVM (*Support Vector Machine*) juga telah diusulkan karena tingginya kemampuan potensial untuk melakukan pemetaan nonlinier yang akurat antara input dan output secara nyata.
7. Aowabin Rahman. (2017) meneliti model jaringan saraf tiruan untuk membuat prakiraan jangka menengah, yaitu kurun waktu 1 minggu, dari profil konsumsi listrik di bangunan gedung komersial dan bangunan perumahan dengan jangka waktu satu jam. Model yang diusulkan digunakan untuk memprakiraan konsumsi listrik per jam untuk Gedung Keselamatan Publik di Salt Lake City, Utah, dan untuk konsumsi listrik setiap jam di bangunan tempat tinggal di Austin, Texas. Untuk memprakiraan profil beban bangunan komersial, model urutan-ke-urutan NN (neural network) yang diusulkan umumnya sesuai dengan kesalahan relatif lebih rendah saat dibandingkan dengan jaringan saraf perceptron multi-layered konvensional
8. Jihui Yuan, Craig Farnham, Chikako Azuma, Kazuo Emura. (2018) Mengkaji model jaringan syaraf tiruan (JST) untuk memperkirakan musiman Konsumsi listrik setiap jam untuk tiga area kampus universitas, Jepang. Total enam parameter termasuk hari dalam seminggu, jam dalam sehari, suhu bohlam kering per jam, relatif setiap jam kelembaban, radiasi global per jam, dan konsumsi

listrik per jam sebelumnya digunakan sebagai variabel input.

Model Jaringan Syaraf Tiruan dikembangkan untuk memprakiraan musim mendatang konsumsi listrik untuk tiga area, mengingat Feed-forward JST dilatih algoritma propagasi balik Levenberg- Marquardt (LM). Koefisien korelasi (R^2) dan metrik akar kuadrat kesalahan (RMSE) diadopsi untuk mengevaluasi akurasi model JST yang diusulkan. Ini menunjukkan bahwa R^2 antara pengukuran aktual dan JST prakiraan model berkisar antara 0,96 dan 0,99 pada tahap pelatihan, dan antara 0,95 dan 0,99 pada tahap pengujian.

PRAKIRAAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

ANN merupakan suatu rancangan alat penghitung yang ditujukan untuk mampu melakukan mirip dengan apa yang dikerjakan oleh jaringan biologi otak manusia. Pada umumnya Jaringan Syaraf Tiruan memiliki dua lapisan, yaitu *input layer* dan *output layer*. Namun pada perkembangannya, adapula Jaringan Syaraf Tiruan yang memiliki satu lapisan lagi yang terletak diantara *input layer* dan *output layer*, lapisan ini disebut adalah lapisan tersembunyi *hidden layer*. Penjelasan mengenai komponen jaringan syaraf tiruan.

Input Layer

Input layer berisi *node-node* yang masing-masing menyimpan sebuah nilai masukan yang tidak berubah pada fase latih dan hanya dapat berubah apabila diberikan nilai masukan baru. *Node* pada lapisan ini bergantung pada jumlah *input* dari suatu pola.

Hidden Layer

Lapisan ini tersembunyi sehingga dinamakan *hidden layer*. Namun semua proses pada fase pelatihan dan fase pengenalan diproses di

lapisan ini. Jumlah lapisan *hidden layer* tergantung dari arsitektur yang akan dirancang.

Output Layer

Output layer berfungsi untuk menampilkan hasil perhitungan sistem oleh fungsi aktivasi pada *hidden layer* berdasarkan *input* yang diterima.

ARSITEKTUR JARINGAN SYARAF TIRUAN

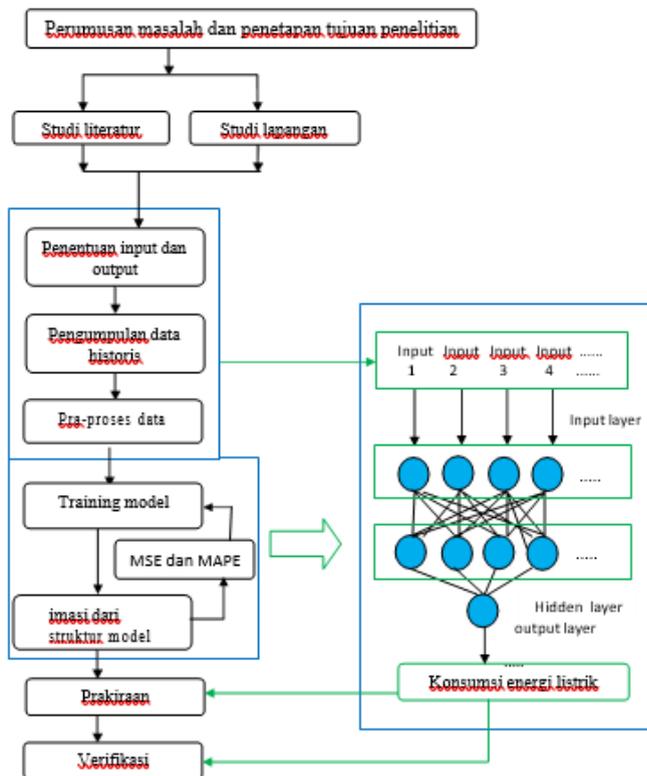
Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan dan algoritma pelatihan sangat menentukan model-model Jaringan Syaraf Tiruan. Arsitektur jaringan tersebut untuk menjelaskan arah perjalanan sinyal atau data di dalam jaringan. Sedangkan algoritma pelatihan menjelaskan bagaimana bobot koneksi harus diubah agar pasangan *input-output* yang diinginkan dapat tercapai. Beberapa arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan tersebut, antara lain (Kusumadewi, 2003). Lokasi penelitian di kampus timur UNNES Sekaran Gunungpati



Gambar 7.1. Peta Kampus Unnes Sekaran

DESAIN PENELITIAN

Jenis penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dipergunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu (Sugiyono, 2012). Data yang diambil berupa hasil pengukuran dan pembuktian yang bertujuan untuk mendapatkan informasi, fakta-fakta dan data catatan mengenai suatu permasalahan. Penelitian ini untuk menjelaskan bagaimana prakiraan konsumsi beban listrik di bangunan gedung kampus Universitas Negeri Semarang menggunakan model *artificial neural network* untuk memperoleh hasil prakiraan yang akurat. Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis, dimulai dari observasi, studi literatur hingga didapat hasil yang diinginkan, secara singkat tahapan penelitian digambarkan dalam diagram alir berikut :



Gambar 7.2. Diagram Alir Penelitian

Alat dan Bahan

Pada proses penelitian ini alat dan bahan yang dipergunakan ialah :

- (1) Seperangkat *hardware* komputer ASUS, RAM 4 GB, eksternal 250 GB HDMI, Intel(R) Core i3 (R) CPU 2047 @2.30GHz, OS Windows 7 Ultimate 64-bit Operating System
- (2) *Software* aplikasi Matlab R2018a
- (3) Data-data yang dibutuhkan untuk menjalankan *software* aplikasi Matlab R2018a.

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini pemodelan dengan prakiraan energi listrik menggunakan *Artificial Neural Network* di bangunan gedung kampus timur UNNES Sekaran Gunungpati Semarang memerlukan variabel sebagai data eksternal sebagai input yaitu data historis okupansi per bulan di kampus dan data iklim per bulan di kota Semarang) sejak tahun 2013 sampai tahun 2020.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Observasi

Observasi dilakukan di kampus timur Universitas Negeri Semarang kampus bagian timur Sekaran Gunungpati Kota Semarang melalui observasi langsung terkait input daya listrik (nama, IDPEL, Golongan Tarif) untuk mencatu daya listrik di kawasan kampus timur.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan (1) bagian kelistrikan Rumah Tangga Universitas terkait profil energi listrik di kampus timur. (2) bagian Akademik kemahasiswaan dan Universitas dan Fakultas untuk menentukan jumlah rata-rata okupansi mahasiswa pada masa kuliah, liburan dan kegiatan di kampus di luar masa

kuliah tahun 2013-2020. Pada saat sebelum pandemic Covid 19 dan pada saat pandemi Covid 19 pertengahan tahun 2020.

3. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data *pertama* tentang jumlah konsumsi energi listrik (kWh) per bulan dari tahun 2013 sampai tahun 2020, *kedua* tingkat okupansi di gedung kampus oleh mahasiswa, dosen dan tendik (orang) per bulan dari tahun 2013 sampai tahun 2020; *ketiga* di Laboratorium BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika). Stasiun Klimatologi kota Semarang, Jl. Siliwangi Semarang untuk observasi data iklim di kota Semarang tahun 2013 sampai 2020 yaitu : Suhu rata-rata per bulan ($^{\circ}\text{C}$), Kelembaban rata-rata perbulan (%), Intensitas Radiasi matahari rata-rata per bulan ($\text{Cal}/\text{cm}^2/\text{Hari}$), Kecepatan angin rata-rata per bulan (Km/Jam), Lama penyinaran matahari rata-rata per bulan (%). Data-data pada penelitian ini diperoleh dari berbagai sumber dan teknik pengumpulan sebagai berikut :

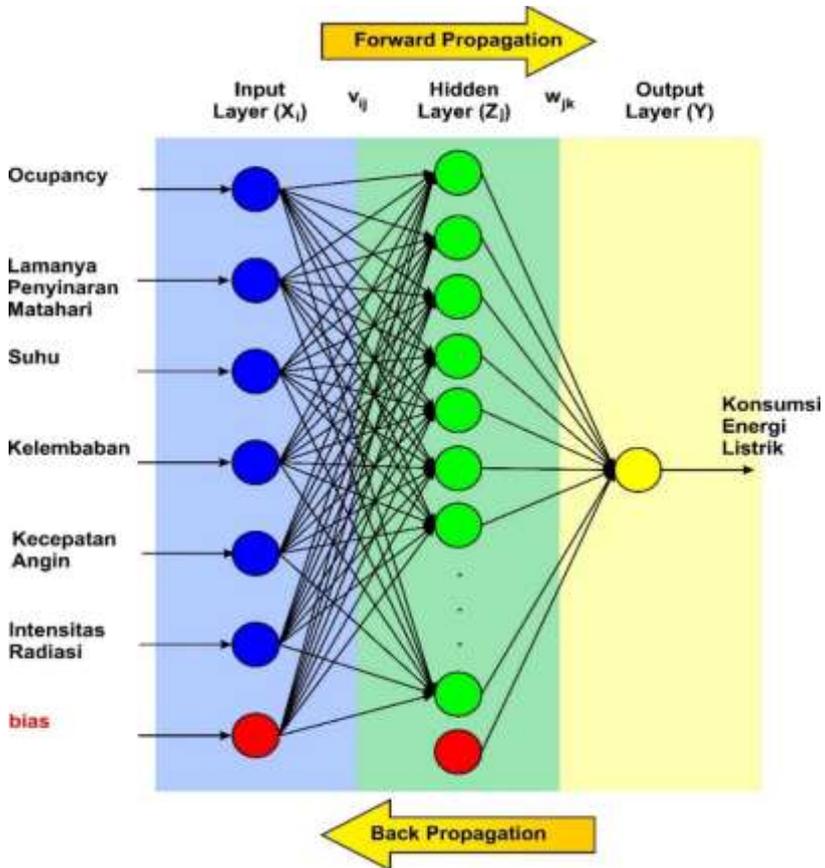
Tabel 7.1. Jenis Data, Teknik Pengumpulan dan Sumber Data

No	Jenis Data	Satuan	Teknik pengumpulan data	Sumber Data
1	Data profil konsumsi energi listrik di kampus timur Unnes tahun 2013 sampai tahun 2020.- 1. Idpal 523530826198 Golongan Tarif S2 2. Idpal 52350906149 Golongan Tarif S2 3. Idpal 523531104026 Golongan Tarif S3	kWh	Observasi, dokumentasi, wawancara	Bagian kelistrikan Sarpras RT
2	Data tingkat hunian/ okupansi dosen, tendik dan mahasiswa di kampus tahun 2013 sd 2020 rata2 per bulan	Orang	Dokumentasi, survey lapangan dan wawancara	Bagian Kemahasiswaan dan Kenejawajaan
3	Data iklim di kota Semarang tahun 2013 sampai tahun 2020 meliputi a. Suhu rata-rata per bulan b. Keceratan angin rata-rata per bulan c. Intensitas radiasi matahari rata-rata per bulan d. Kelembaban udara rata-rata per bulan e. lama penyinaran matahari rata-rata perbulan	$^{\circ}\text{C}$ km/jam cal/cm ² /hari % %	Dokumentasi	Laboratorium BMKG Jawa Tengah

Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Mengolah dan menganalisis data yang didapat dari hasil pengambilan data. Analisis dilakukan dengan menggunakan model dari layer tersembunyi dihubungkan oleh bobot-bobot tersembunyi menuju neuron pada layer keluaran. Hasil yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan data target sehingga diperoleh tingkat kesalahan (error). Apabila tingkat kesalahan yang diperoleh lebih kecil daripada tingkat kesalahan yang sebelumnya telah ditetapkan (target error), maka proses perambatan akan berhenti. Namun apabila tingkat kesalahan masih lebih besar daripada tingkat kesalahan tetapan maka dilakukan proses perambatan balik dengan melakukan

pembaharuan bobot. Arsitektur jaringan syaraf tiruan pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 7.3. Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan

Berikut ini merupakan langkah algoritma jaringan syaraf tiruan backpropagation.

Langkah 1: Inisialisasi

Inisialisasi semua bobot pada layer tersembunyi dan layer keluaran, tetapkan fungsi aktivasi yang digunakan pada setiap layer.

Menetapkan laju pembelajaran.

Inisialisasi semua bobot bisa menggunakan bilangan acak dalam jangkauan $[-0.5, 0.5]$ atau menggunakan distribusi uniform dalam jangkauan kecil:

$$\left(-\frac{2.4}{F_i}, +\frac{2.4}{F_i}\right)$$

F_i adalah jumlah neuron masukan neuron I dalam ANN

Langkah 2: Aktivasi

Mengaktifkan jaringan dengan menerapkan masukan, $x_1(p), x_2(p), \dots, x_n(p)$, dan keluaran yang diharapkan, $y_{d1}(p), y_{d2}(p), \dots, y_{dn}(p)$.

a. Hitung keluaran yang didapatkan dari neuron dalam layer tersembunyi:

$$v_j(p) = \sum_{i=1}^n x_i(p) \cdot w_{ij}(p)$$

$$y_j(p) = \frac{1}{1 + e^{-v_j(p)}}$$

n adalah jumlah masukan pada neuron j dalam layer tersembunyi.

b. Hitung keluaran yang didapatkan dari neuron dalam layer keluaran:

$$v_k(p) = \sum_{j=1}^m x_j(p) \cdot w_{jk}(p)$$

$$y_k(p) = \frac{1}{1 + e^{-v_k(p)}}$$

Langkah 3: Perbarui bobot

Bobot diperbarui pada saat error dirambatkan balik dalam ANN, error yang dikembalikan sesuai dengan arah keluarnya sinyal keluaran.

a. Hitung gradien error untuk neuron dalam layer keluaran:

$$e_k(p) = y_{dk}(p) - y_k(p)$$

$$\delta_k(p) = y_k(p) \times [1 - y_k(p)] \times e_k(p)$$

Hitung koreksi bobot:

$$\Delta w_{jk}(p) = \eta \times y_j(p) \times \delta_k(p)$$

Perbarui bobot pada neuron layer keluaran:

$$w_{jk}(p + 1) = w_{jk}(p) + \Delta w_{jk}(p)$$

b. Hitung gradien error untuk neuron dalam layer tersembunyi:

$$\begin{aligned} \delta_j(p) = y_j(p) \times [1 - y_j(p)] \\ + \sum_{k=1}^l \delta_k(p) \cdot w_{jk}(p) \end{aligned}$$

Hitung koreksi bobot:

$$\Delta w_{ij}(p) = \eta \times x_i(p) \times \delta_j(p)$$

Perbarui bobot pada neuron layer tersembunyi

$$w_{ij}(p + 1) = w_{ij}(p) + \Delta w_{ij}(p)$$

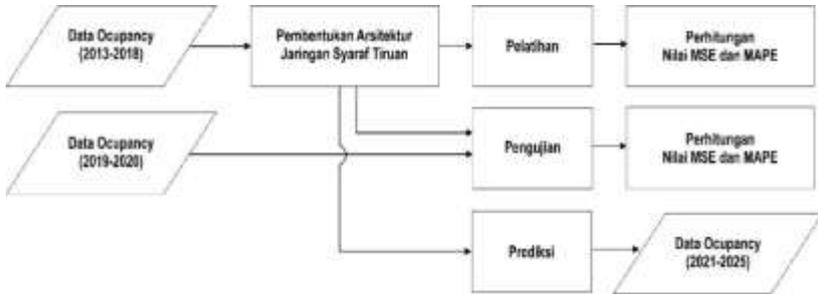
Langkah 4: Iterasi

Naikkan satu untuk iterasi p, kembali ke langkah 2 dan ulangi proses tersebut sampai kriteria error tercapai.

Pengolahan Data Occupancy

Data occupancy tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah

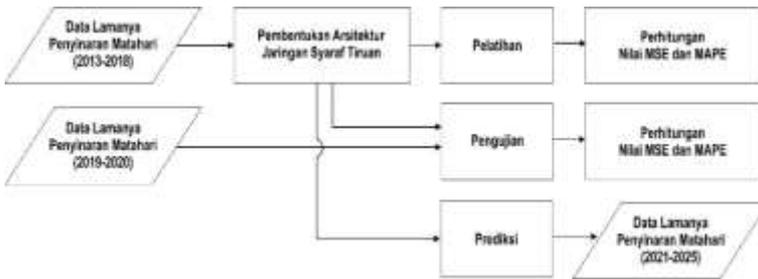
arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data occupancy tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data occupancy ditunjukkan pada gambar 7.4.



Gambar 7.4. Diagram Alir Pengolahan Data Occupancy

Pengolahan Data Lamanya Penyinaran Matahari

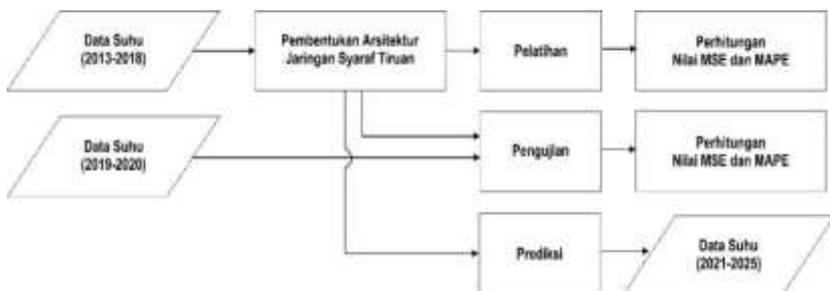
Data lamanya penyinaran matahari tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data lamanya penyinaran matahari tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data lamanya penyinaran matahari ditunjukkan pada gambar 7.5 berikut ini.



Gambar 7.5. Diagram Alir Pengolahan Data Lamanya Penyinaran Matahari

Pengolahan Data Suhu

Data suhu tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data suhu tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data suhu ditunjukkan pada Gambar 7.6. berikut ini :

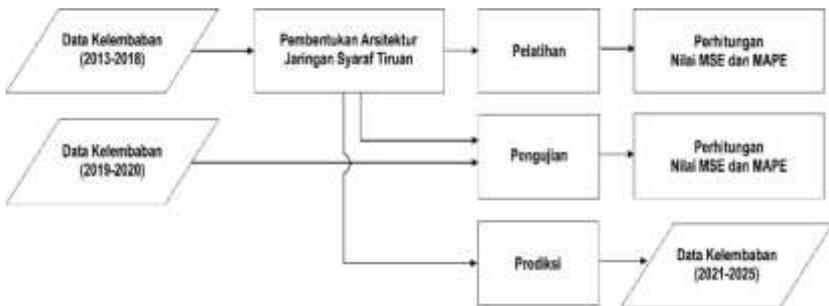


Gambar 7.6. Diagram Alir Pengolahan Data Suhu

Pengolahan Data Kelembaban Udara

Data kelembaban udara tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya

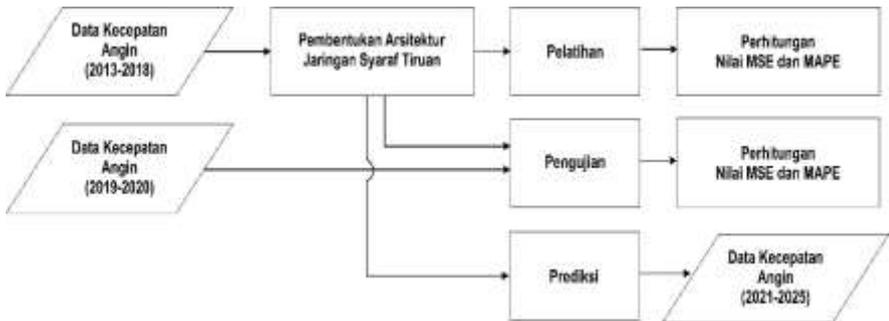
dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data kelembaban udara tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data kelembaban udara ditunjukkan pada Gambar 7.7 berikut ini.



Gambar 7.7. Diagram Alir Pengolahan Data Kelembaban

Pengolahan Data Kecepatan Angin

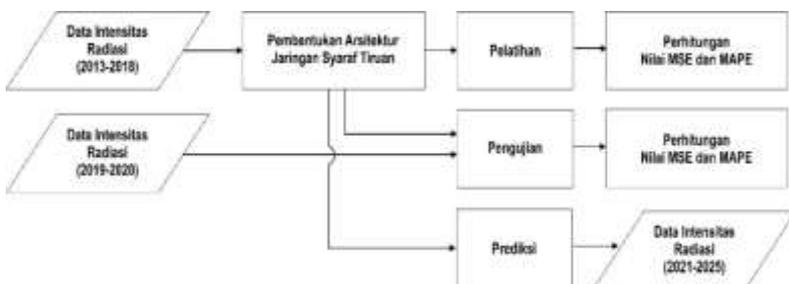
Data kecepatan angin tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data kecepatan angin tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data kecepatan angin ditunjukkan pada Gambar 7.8 berikut ini.



Gambar 7.8. Diagram Alir Pengolahan Data Kecepatan Angin

Pengolahan Data Intensitas Radiasi

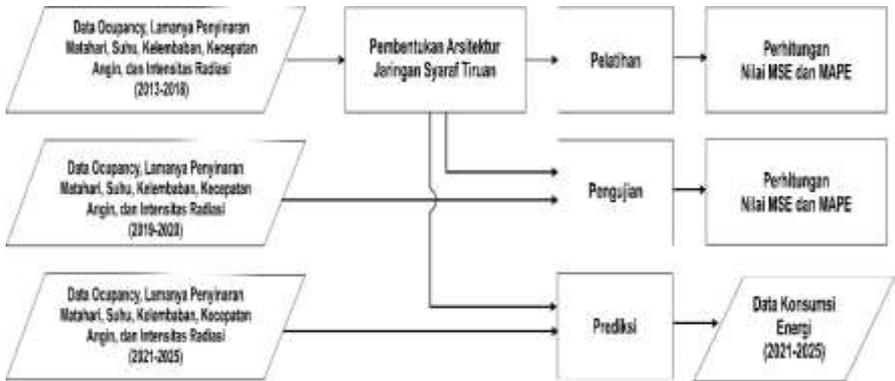
Data intensitas radiasi tahun 2013-2018 digunakan sebagai data latih untuk membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan. Setelah arsitektur terbentuk, dilakukan tahapan pelatihan jaringan sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi sehingga diperoleh data intensitas radiasi tahun 2021-2025. Data ini nantinya digunakan sebagai salah satu data masukan dalam prediksi data konsumsi energi listrik. Diagram alir pengolahan data intensitas radiasi ditunjukkan pada Gambar 7.9 berikut ini.



Gambar 7.9. Diagram Alir Pengolahan Data Intensitas Radiasi

Prediksi Konsumsi Energi

Tahapan prediksi konsumsi energi listrik dilakukan dengan membangun arsitektur jaringan syaraf tiruan menggunakan enam data masukan tahun 2013-2018 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Selanjutnya dilakukan tahapan pengujian menggunakan data tahun 2019-2020 sehingga diperoleh nilai MSE dan MAPE. Tahap terakhir dilakukan prediksi menggunakan data tahun 2021-2025 sehingga diperoleh data konsumsi energi listrik tahun 2021-2025. Diagram alir prediksi konsumsi energi listrik ditunjukkan pada Gambar 7.10 berikut ini.



Gambar 7.10. Diagram Alir Prediksi Konsumsi Energi Listrik

Evaluasi Model

Metode evaluasi yang digunakan pada hasil peramalan dalam penelitian ini adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE dipakai untuk penenttuan kesalahan absolut pada setiap periode kemudian membaginya dengan nilai observasi pada periode tersebut dan terakhir melakukan rata-rata presentase absolut tersebut. Persentase kesalahan hasil peramalan terhadap hasil aktual selama periode tertentu yang akan memberikan informasi persentase kesalahan terlalu tinggi atau terlalu rendah adalah fungsi MAPE atau rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu yang kemudian dikalikan 100%

agar mendapatkan hasil secara persentase. Pendekatan ini berguna ketika ukuran atau besar variabel ramalan itu penting dalam mengevaluasi ketepatan ramalan. MAPE mengindikasikan seberapa besar kesalahan dalam menduga yang dibandingkan dengan nilai nyata. Secara matematis, rumus MAPE sebagai berikut :

$$\text{MAPE} = \sum_{t=1}^n \left| \frac{y_t - \hat{y}_t}{\hat{y}_t} \right| \times 100\%$$

Keterangan:

MAPE = Mean Absolute Percentage Error

n = jumlah data

y = nilai hasil aktual

\hat{y} = nilai hasil pendugaan

Interpretasi nilai MAPE ditentukan sebagai berikut :

1. MAPE < 10% : peramalan sangat akurat
2. 10% ≤ MAPE < 20% : peramalan tersebut baik
3. 20% ≤ MAPE < 50% : peramalan masih dalam kewajaran
4. MAPE ≥ 50% : peramalan tidak akurat (Chen *et al.*, 2007)

Seleksi dan Persiapan Data

Penyeleksian Data

Peramalan konsumsi energi listrik yang dilakukan merupakan prakiraan dengan waktu 5 tahun ke depan, sehingga dapat dikategorikan ke dalam prakiraan konsumsi listrik jangka panjang.

Transformasi Data

Praprosesing data dilakukan sebelum menggunakan data dengan metode atau teknik yang akan diterapkan. Praprosesing data dilakukan guna mendapatkan hasil analisis yang lebih akurat, dalam beberapa hal praprosesing bisa membuat nilai data menjadi lebih kecil tanpa merubah informasi yang dikandungnya. Ada beberapa cara transformasi data yang dilakukan sebelum menerapkan suatu metode, yaitu normalisasi atau *scaling*, yakni prosedur mengubah data sehingga berada dalam skala tertentu (Hasim, 2008). Skala ini bisa antara (0,1), (-1,1) atau skala lain yang diinginkan. Misalkan apabila akan mentransformasi data beban listrik, data beban tersebut dikonversi ke dalam skala atau rentang nilai antara 0 sampai dengan 1. Untuk mengubah data ke skala baru, dilakukan dengan rumus :

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} * (BA - BB) + BB \quad (\text{Hasim, 2008})$$

Keterangan :

X = nilai suatu data

BA = Batas Atas (1)

BB = Batas Bawah (0)

Pelatihan (Train) Jaringan Syaraf Tiruan

Proses pelatihan menggunakan 6 input dan 1 target keluaran, sehingga nilai keluaran data latih ini akan dianalisa dan dilihat seberapa besar nilai *error* pada (MSE), yang kemudian dipakai untuk simulasi dengan data yang lain yaitu data uji.

HASIL

Data okupansi mahasiswa di kampus per bulan 2013-2020

Tabel 7.2. Data Okupansi Mahasiswa (Orang) per Bulan 2013-2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Januari	2792	2504	2415	1886	1937	2518	8392	9171
Pebruari	2792	2504	2415	1886	1937	2518	8392	9171
Maret	6981	6259	8053	6286	6455	8392	8001	9171
April	6981	6259	8053	6286	6455	8392	8001	9171
Mei	6981	6259	8053	6286	6455	8392	8001	9171
Juni	6981	6259	8053	6286	6455	8392	8001	9171
Juli	4119	3949	3212	2514	2582	3357	8001	50
Agustus	4119	3949	3212	2514	2582	3357	8001	50
September	6981	6259	6039	6286	6455	8392	8001	50
Oktober	6981	6259	6039	6286	6455	8392	8001	50
Nopember	6981	6259	6039	6286	6455	8392	8050	50
Desember	6981	6259	6039	6286	6455	8392	8050	50

Sumber : BUHK Unnes

Data okupansi tenaga dosen (orang) di kampus timur 2013 - 2020

Tabel 7.3. Data Okupansi Tenaga Dosen (orang) per Bulan 2013-
2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	980	999	1011	1033	1117	991	716	716
Feb	980	999	1011	1033	1117	991	716	716
Mar	983	992	1011	1033	1112	999	716	716
Apr	977	992	1015	1033	1112	1002	716	716
Mei	977	992	1015	1029	1112	1002	716	716
Jun	977	997	1013	1029	1116	1002	716	716
Jul	977	997	1012	1032	1116	1002	716	358
Ags	980	997	1011	1033	1116	1002	716	358
Sep	977	1009	1011	1048	1117	1002	716	358
Okt	985	1009	1019	1062	999	1008	716	358
Nov	987	1009	1025	1086	996	1010	716	358
Des	990	1011	1025	1108	991	1010	716	358

(sumber : BUHK Unnes)

Data okupansi tenaga kependidikan (orang) di kampus 2013 - 2020

Tabel 7.4. Data Okupansi Tendik (orang) per Bulan 2013 - 2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	795	813	825	879	817	786	716	716
Feb	795	813	825	878	817	786	716	716
Mar	795	813	825	877	817	786	716	716
Apr	796	813	831	874	817	786	716	716
Mei	796	812	831	871	817	786	716	716
Jun	795	812	831	860	815	785	716	716
Jul	795	820	849	860	815	785	716	358
Ags	795	820	872	826	816	785	716	358
Sep	794	821	872	826	802	785	716	358
Okt	799	822	878	817	802	785	716	358

Nov	799	825	879	817	790	785	716	358
Des	811	825	879	817	786	785	716	358

(sumber : BUHK Unnes)

Iklm

Faktor iklim sangat mempengaruhi konsumsi energi listrik, misalnya meningkatnya suhu lingkungan kampus. Di dalam bangunan gedung kampus hijau juga terdampak oleh kenaikan suhu ini sehingga penghuni bangunan gedung akan menghidupkan kipas angin dan *Air Conditioning* (AC) yang menyebabkan konsumsi listrik meningkat. Konsumsi listrik dalam gedung dapat diprakirakan dengan menggunakan tingkat hunian dan prakiraan cuaca (Moon *et al.*, 2020). Data Suhu Udara (°C) Rata-rata bulanan Area Semarang 2013-2020

Tabel 7.5. Data Suhu Udara (°C) Rata -rata Bulanan 2013-2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Feb	27,4	26,5	26,9	27,5	26,8	26,7	27,8	27,4
Mar	27,8	27,5	27,5	28,4	27,6	27,5	27,4	28
Apr	28,5	28,3	27,8	28	28	28,9	28,5	28,5
Mei	28,5	29,1	28,7	29,3	28,9	29,2	28,2	29
Jun	27,7	28,7	28,1	28,6	28	27,9	28,1	28,5
Jul	27,6	27,7	28,1	28,5	28,1	27,5	27,6	29
Ags	28	27,8	28	28,5	28,1	27,6	27,8	28,5
Sep	28,3	28,5	29	28,3	28,9	28,6	28,6	29,2
Okt	29,1	29,5	30,2	28,2	28,9	29,2	29,7	28,7
Nov	28,1	28,7	29,6	28,1	27,7	28,7	29,9	28,6
Des	27,1	27,5	28,2	27,6	27,6	28	28,5	27,4

(BMKG Jawa Tengah)

Data Kelembaban Udara (%) rata-rata Bulanan 2013-2020

Tabel 7.6. Data Kelembaban Udara (%) rata-rata Bulanan 2013-2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	84	90	83	81	81	84	85	87
Feb	85	88	83	86	86	86	85	88
Mar	84	85	82	81	83	83	87	87
Apr	81	82	82	76	83	78	82	85
Mei	80	76	72	81	75	75	76	82
Jun	83	69	66	77	83	75	73	81
Jul	75	75	66	75	75	71	69	80
Ags	69	70	65	74	72	69	67	79
Sep	69	61	58	77	69	67	67	76
Okt	71	64	59	79	77	71	72	81
Nov	79	72	73	80	83	80	76	83
Des	71	83	81	82	83	84	84	87

(Sumber : BMKG Jawa Tengah)

Pada tabel 7.6. kelembaban terendah di kota Semarang 65% pada bulan Agustus 2015. Nilai kelembaban tertinggi terjadi bulan Januari 2014 sebesar 90%. Nilai kelembaban udara ini terdapat hubungannya dengan semakin tinggi suhu udara, maka semakin rendah persentase kelembaban maka makin tinggi suhu yang dimiliki udara tersebut. Konsumsi listrik sensitif terhadap kelembaban udara yang mirip dengan suhu udara karena dehumidifikasi. Ketika suhu udara diturunkan menggunakan AC di musim panas, udara di sekitar coil AC dikondensasi. Kondensasi membutuhkan listrik untuk menarik panas laten, maka semakin tinggi kelembaban udara, semakin banyak listrik konsumsi (Yuki Hashimoto, Tomohiko Ihara *et.al.* 2015).

Data Kecepatan Angin (Km/Jam) Rata-rata Bulanan 2013-2020 Semarang

Tabel 7.7. Data Kecepatan Angin (km/jam) rata-rata Bulanan 2013-2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	8	7	5	5	5	13	5,6	5,1
Feb	7	7	7	5	6	11	4,4	10,3
Mar	6	6	6	5	4	9	4,5	4,6
Apr	6	5	5	5	7	11	4,7	4,7
Mei	6	6	6	5	4	11	5,6	5,1
Jun	5	6	5	6	5	10	5	5,2
Jul	6	6	7	6	5	9	5,1	5,3
Ags	7	7	7	6	6	11	6,1	6
Sep	6	6	6	5	3	12	6,4	5,2
Okt	7	7	7	5	5	11	5,6	6
Nov	6	6	6	5	4	9	5,2	4,6
Des	5	4	5	5	5	8	4,4	4,7

(Sumber : BMKG Jawa Tengah)

Kecepatan angin rata-rata per bulan kecepatan angin cukup tinggi yaitu pada tahun 2018 (di atas 8 km/jam) dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Nilai tertinggi dicapai pada bulan Januari 2018 yaitu 13 km/jam dan nilai terendah 3 km/jam pada bulan September 2017.

Penelitian Sangkertadi (2006) menjelaskan bahwa faktor pakaian, suhu, kelembaban dan kecepatan udara sekitar, serta jenis aktivitasnya mempengaruhi persepsi kenyamanan termis pada manusia. Di daerah beriklim panas dan lembab, ada rasa tidak nyaman berkorelasi erat dengan keluarnya keringat. Untuk mendinginkan penghuni bangunan melalui proses evaporasi keringat dan proses perpindahan kalor secara konvektif, dapat mengfungsikan angin dengan debit dan kecepatan tertentu. Data historis lama penyinaran matahari per bulan 2013-2020.

Tabel 7.8. Data Lamanya Penyinaran Matahari (%) Rata- rata Bulanan 2013-2020

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	35	29	50	69	69	41	47	55
Feb	59	44	58	43	53	56	68	46
Mar	67	67	66	64	62	58	53	64
Apr	67	74	68	71	69	82	78	65
Mei	71	73	89	78	75	83	88	74
Jun	62	59	87	72	77	81	89	80
Jul	73	70	95	80	74	91	73	89
Ags	95	91	97	88	89	88	98	92
Sep	94	96	99	81	93	86	99	93
Okt	97	94	98	57	85	94	97	67
Nov	61	75	99	52	44	69	80	64
Des	71	38	50	38	46	50	66	47

Rata-rata per bulan lama penyinaran matahari mengalami *trend naik* yaitu bulan Juli - Oktober pada tahun 2013 s/d 2020. Hal ini dikarenakan bahwa pada bulan Juli-Oktober curah hujan sudah menurun sehingga frekuensi panas matahari meningkat. Di bulan November-Desember lama penyinaran matahari mulai menurun, karena di bulan tersebut curah hujan cukup tinggi di setiap tahunnya. Semakin lama penyinaran matahari ke bumi maka akan meningkatkan suhu lingkungan Yuliatmaja, Mochamad Reza. (2008) menjelaskan bahwa pergerakan semu matahari saat *solstice*, yaitu ketika matahari berada di atas katulistiwa di bulan Juni dan September memberikan efek pancaran sinar matahari semakin *lama* dan *panas* Di sisi lain bahwa peningkatan persentase lama penyinaran matahari serta penyusutan intensitas radiasi matahari dikarenakan oleh efek rumah kaca di kota Semarang, yaitu akibat semakin banyaknya gas-gas polutan yang terdapat di atmosfer kota Semarang serta semakin berkurangnya ruang hijau berganti fungsi menjadi area pemukiman dan industri. Data

Intensitas Radiasi Matahari ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hari}$) rata-rata per bulan tahun 2013-2020

Tabel 7.9. Data Intensitas Radiasi Matahari ($\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hari}$) rata-rata Tahun 2013-2020 Area Kota Semarang

Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	256,5	172	305	233	233	231,2	567,2	693,1
Feb	256,5	172	305	233	233	231,2	791,3	638,8
Mar	281,4	273	337	222	218,8	204,6	696,4	760,1
Apr	306,5	299	337	267	287	371,4	727,6	760,9
Mei	250,7	288,8	267	305	234,1	241,6	825,6	653,2
Jun	250,7	285	332,5	283	241,2	332,2	842,2	735,2
Jul	259,5	259	337,8	262,3	217,4	238,8	846,1	806,5
Ags	335,6	282,6	374	300	363	360,7	822,3	844,4
Sep	345,1	319	401	321	318,8	324,7	823,5	837,9
Okt	360,9	399	401	271	269,2	377,9	765,1	562,1
Nov	314,3	376	409,6	251	229,2	378,6	845	776,4
Des	245,8	262	231	217	257	288,1	792,8	565,1

(Sumber : BMKG Jawa Tengah)

Intensitas radiasi matahari rata-rata perbulan 2013-2020 mencapai nilai tertinggi 409,6 $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hari}$ pada Nopember 2015 dan nilai terendah 172,0 $\text{cal}/\text{cm}^2/\text{hari}$ pada Januari 2014. Intensitas radiasi matahari yang tinggi akan berpengaruh terhadap suhu rata-rata di permukaan bumi. Semakin besar intensitas radiasi matahari maka akan meningkatkan suhu termal. Dijelaskan oleh Yuki Hashimoto, Tomohiko Ihara *et.al.* (2015) meneliti hubungan radiasi matahari dan konsumsi listrik rumit karena radiasi matahari bekerja sebagai cahaya dan panas. Ketika jumlah radiasi matahari kecil, maka konsumsi listrik untuk penerangan dan pemanasan meningkat atau penurunan pendinginan. Data konsumsi energi listrik rata-rata per bulan tahun 2013-2020 di kampus

Tabel 7.10. Data Konsumsi Energi Listrik Rata-rata Tahun 2013-2020 di Kampus

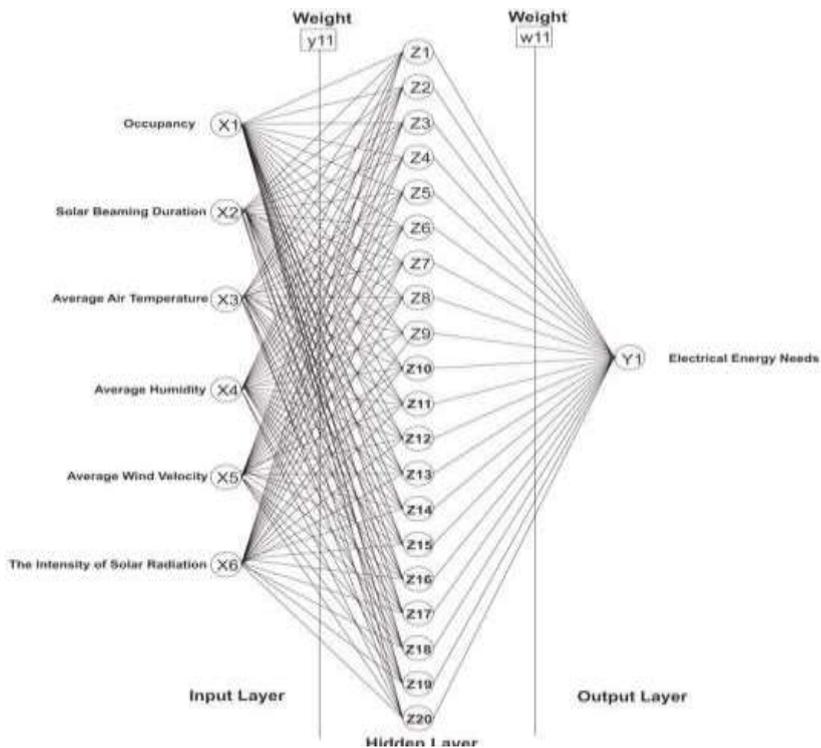
Bulan	Tahun							
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jan	9940	22158	29344	53027	217725	210617	217050	121930
Feb	10109	19501	29416	55908	196809	188264	196605	119269
Mar	9440	19175	9837	149214	170750	164314	173465	110319
Apr	14709	28504	28378	226849	258483	230140	231523	137258
Mei	20853	29411	31723	233856	237269	271601	275831	129446
Jun	22451	30023	33089	252476	248655	246353	266970	129446
Jul	20586	28318	30701	195913	173169	152914	164229	129165
Ags	12282	15021	29362	151706	204731	214626	271564	114632
Sep	14502	25064	31113	239249	217457	235955	253210	128298
Okt	21969	15823	29913	237129	247198	255716	266413	128298
Nov	17563	20373	25661	254938	279036	248921	277890	148158
Des	22109	30137	30488	254742	251513	237788	244086	160238

Tabel 7.11. Hasil dari Ujicoba Beberapa Variasi untuk Memperoleh Nilai MSE dan MAPE Terbaik

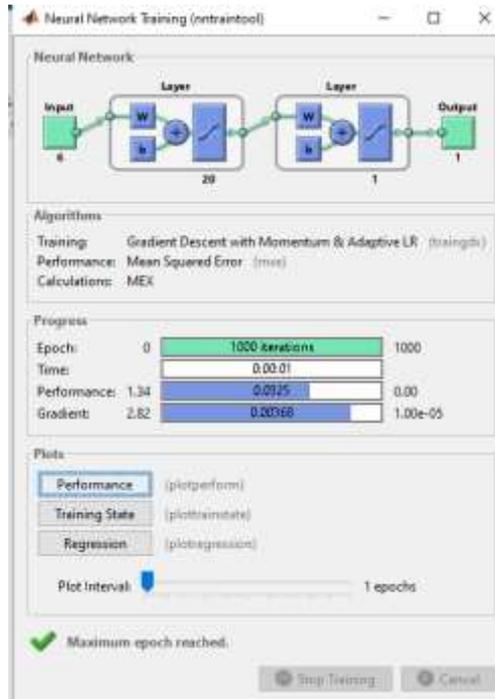
Fungsi Aktivasi 1		Sigmoid Bipolar			
Fungsi Aktivasi 2		Sigmoid Bipolar			
Fungsi Pelatihan		Gradient descent with momentum and adaptive learning rate backpropagation (Traingdx)			
No	Jumlah Neuron	MSE		MAPE	
		Pelatihan	Pengujian	Pelatihan	Pengujian
1	20	0,032463384	0,0832279	13,415654	22,55362019
2	40	0,029883196	1,018045	13,225236	93,75145413
3	60	0,025572345	0,3230378	12,032517	48,38838524
4	80	0,019696903	2,0740906	10,331141	140,2252608

5 100 0,019769978 1,4406451 10,344176 113,1865807

Berdasarkan tabel hasil uji coba tersebut arsitektur JST yang terbaik menggunakan 20 neuron pada hidden layer dengan memperoleh MSE pengujian sebesar 0,0832279 dan nilai MAPE 22,55362019 persen, dimana nilai MAPE tersebut masuk kriteria peramalan masih dalam kewajaran. Adapun arsitektur jaringan pada penelitian ini sebagai berikut :

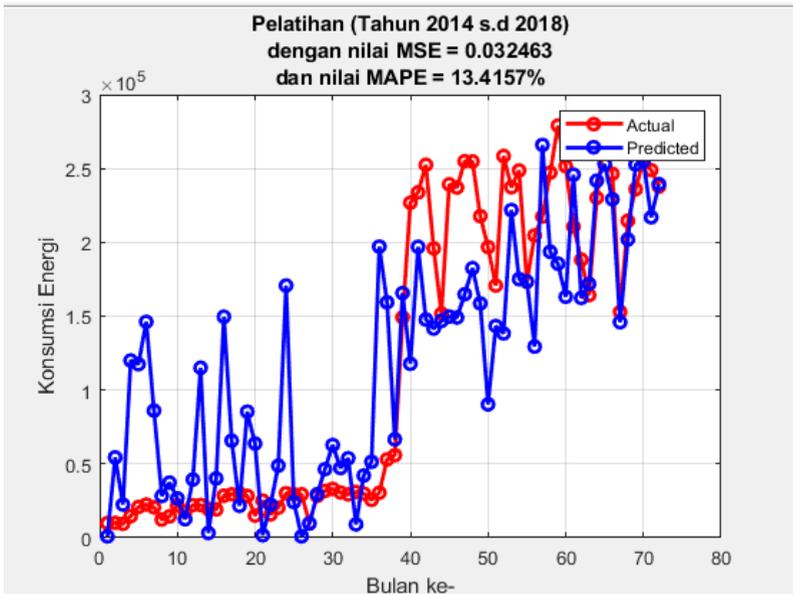


Gambar 7.11. Gambar Arsitektur Jaringan

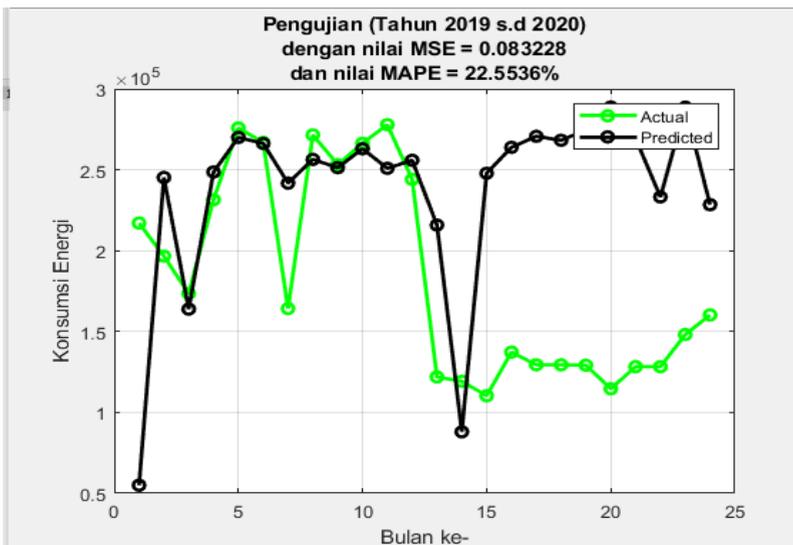


Gambar 7.12. Hasil Training JST

Saat proses pembelajaran jaringan (*Train Network*), apabila telah mencapai nilai epoch yang ditentukan (1000), maka proses pembelajaran akan otomatis berhenti.



Gambar 7.13. Hasil Performance Pelatihan JST

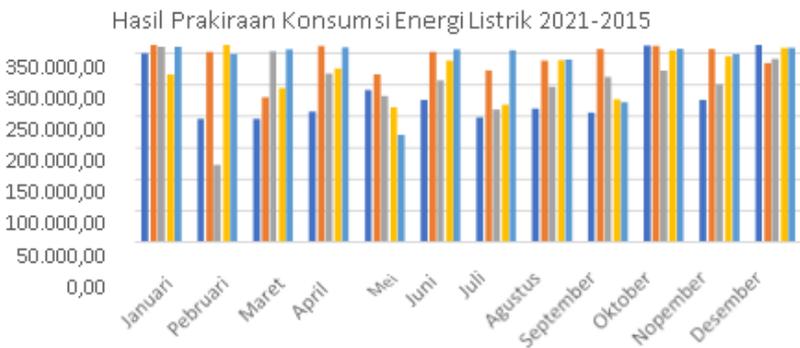


Gambar 7.14. Hasil Pengujian Tahun 2019 dan 2020

Hasil prakiraan energi listrik yang dibutuhkan tahun 2021-2025 menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan.

Tabel 7.12. Hasil Prakiraan Penggunaan Energi Listrik (kWh) di UNNES

Bulan	Tahun				
	2021	2022	2023	2024	2025
Jan	298.523,99	312.518,87	311.341,26	265.612,46	311.251,42
Feb	194.272,81	301.568,19	121.735,92	311.671,76	299.370,47
Mar	194.565,33	229.175,21	303.993,63	243.380,07	307.217,69
Apr	206.473,16	311.296,63	268.676,47	274.892,53	310.346,52
Mei	240.782,00	266.051,41	232.728,03	213.045,96	170.482,02
Jun	224.516,39	302.182,41	257.500,99	287.358,62	307.589,78
Jul	197.193,47	272.168,83	210.537,32	217.432,97	305.399,02
Ags	211.108,76	287.856,06	247.150,15	288.143,99	291.139,30
Sep	204.415,02	306.746,45	262.897,16	225.350,99	222.690,08
Okt	311.109,67	310.987,43	273.420,27	303.750,42	307.998,53
Nov	224.996,66	306.913,35	251.151,93	293.851,39	299.221,13
Des	312.213,27	284.058,36	292.076,24	307.270,26	309.431,26



Gambar 7.15. Grafik Hasil Prakiraan Penggunaan Energi Listrik (kWh) Tahun 2021-2025

Gambar 7.15 menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pemakaian beban konsumsi listrik yang cukup fluktuatif di Kampus Timur Universitas Negeri Semarang tiap tahunnya. Tetapi saat pandemi Covid 19 terjadi penurunan tajam mulai bulan Juli 2020, yang disebabkan proses belajar mengajar dilakukan secara daring, dosen dan pengelola per bulan rata-rata kehadiran 20% dari biasanya. Untuk tendik kehadiran 50% dijadwal separuh dari total Sebagian WFO dan sebagian WFH. Mahasiswa yang di kampus rata-rata per bulan sekitar 50 orang, mereka adalah para student staff di beberapa unit. Hasil prakiraan konsumsi energi listrik ini memiliki nilai prakiraan tertinggi terjadi pada Februari tahun 2024 sebesar 311.671,76 KWh, dan terendah 121.735,92 KWh di Februari tahun 2023.

PEMBAHASAN

Penggunaan model Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* (JST- BP) untuk memprakirakan kebutuhan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES berdasarkan data eksternal iklim, okupansi dan daya listrik per bulan dari tahun 2013-2020, sehingga mengakomodasi data pada saat sebelum pandemi Covid 19 dan pada saat pendemi Covid 19. Arsitektur jaringan terbaik diperoleh dengan pola 6 neuron input layer, 20 neuron hidden layer dan 1 neuron output layer yang merupakan hasil dari uji coba 18 variasi fungsi aktivasi, dan fungsi pelatihan untuk mendapatkan error terbaik. Adapun hasil validasi nilai aktual pengukuran pada tahun 2019 dan 2020 terhadap nilai target memberikan keakurasian hasil nilai MSE = 0,0832 dan MAPE sebesar 22,553 % sehingga dikategorikan peramalan wajar dipergunakan sebagai model prakiraan penggunaan energi listrik tahun 2021-2025.

Penelitian yang mendukung yaitu Lee & Choi, (2013), bahwa jaringan syaraf tiruan *backpropagation* memiliki kelebihan lain dibandingkan jaringan syaraf tiruan lainnya yaitu jaringan syaraf tiruan *backpropagation* menggunakan pelatihan terawasi. Jaringan syaraf disebut terawasi jika *output* yang diharapkan sudah diketahui sebelumnya dan menyimpulkan

bahwa akurasi prakiraan JST *backpropagation* 81,43% lebih besar dari akurasi *multivariate discriminant analysis* yaitu sebesar 74,82%.

Kemudian penelitian Zhao & Magoulès (2012) menyatakan bahwa ANN adalah model kecerdasan buatan yang paling cocok digunakan penerapan prakiraan energi bangunan. Tipe model ini terbukti mampu memecahkan masalah non-linear dan merupakan pendekatan yang efektif untuk aplikasi yang kompleks ini. Sebagaimana dijelaskan oleh Ambaryanto, Yos Johan Utama, Purwanto (2018) bahwa meningkatnya energi listrik di kampus dinilai kurang baik dari segi lingkungan, terutama pemanfaatannya energi listrik yang berasal dari sumber daya yang tidak berkelanjutan. Sehingga upaya kompromi pada keduanya akan berkembang kebijakan pembangunan gedung ramah lingkungan, efisiensi pemanfaatan energi listrik, dan pengembangan sumber energi berkelanjutan. Hasil temuan ini membantu pengelola bangunan mengambil tindakan yang tepat terkait strategi penghematan listrik, konservasi energi dan manajemen sistem kelistrikan serta dukungan terhadap lingkungan yaitu penurunan emisi karbon. pada masa mendatang. Zeyu Wang Ravi S. Srinivasan (2015) menyimpulkan bahwa keuntungan utama metode *Artificial Neural Network* adalah kemampuannya untuk secara implisit mendeteksi hubungan nonlinier yang kompleks antara input dan output. Karakteristik ini memungkinkan untuk diterapkan secara real time. Neto dan Fiorelli (2008) membandingkan ANN dengan EnergyPlus untuk memprediksi penggunaan energi gedung Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua model tersebut adalah mampu membangun prediksi konsumsi energi, sedangkan ANN memberikan hasil prediksi yang lebih baik dari EnergyPlus. Selanjutnya Turhan *et al.* (2014) membandingkan model ANN dengan software simulasi energi KEP-IYTE-ESS untuk memprediksi beban pemanasan gedung. Studi mereka merekomendasikan ANN model sebagai alat prediksi energi bangunan yang lebih sederhana dan lebih efisien bila dibandingkan dengan perangkat lunak simulasi energi. Model

ANN dapat diterapkan untuk meramalkan konsumsi energi bangunan dan cocok untuk semua jenis bangunan (Deb *et al.*, 2016), (Ghedamsi *et al.*, 2016). Senada dengan itu Amansyali *et al.* (2018) melakukan eksplorasi penggunaan model ANN untuk prakiraan energi bangunan,

Hasil prakiraan penggunaan energi listrik di kampus timur Unnes per bulan dari tahun 2021 sampai tahun 2025, seperti ditunjukkan pada gambar 5.15 grafik prakiraan penggunaan energi listrik, menunjukkan bahwa penggunaan energi listrik pada bulan Januari sampai Maret cenderung tren menurun hal ini dimungkinkan okupansi mahasiswa di kampus lebih sedikit kemudian pada bulan April sampai bulan Juni naik pada saat perkuliahan tatap muka berjalan. Kemudian bulan Juli cenderung turun yaitu saat libur semester gasal. Bulan Agustus merangkak naik meskipun perkuliahan tatap muka belum mulai, hal lain di bulan Agustus aktivitas kemahasiswaan seperti OSPEK, seminar dan lainnya cukup tinggi. Hal ini juga dapat disebabkan faktor iklim pada bulan Agustus–Desember, rata-rata suhu dan rata-rata intensitas radiasi matahari meningkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penggunaan model Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* (JST-BP) untuk memprakirakan kebutuhan energi listrik di bangunan kampus hijau UNNES berdasarkan data eksternal iklim dan okupansi per bulan dari tahun 2013-2020, dengan mengakomodasi data pada saat sebelum pandemi Covid 19 dan pada saat pandemi Covid 19. Penelitian menghasilkan arsitektur jaringan terbaik dengan pola 6 neuron input layer, 20 neuron *hidden layer* dan 1 neuron output layer merupakan hasil dari uji coba 18 variasi fungsi aktivasi, dan fungsi pelatihan. Adapun hasil validasi nilai aktual pengukuran pada tahun 2019 dan 2020 terhadap nilai target memberikan keakurasian hasil nilai MSE = 0,0832 dan MAPE sebesar 22,553 % sehingga dikategorikan peramalan wajar dan dapat dipergunakan sebagai model prakiraan penggunaan energi listrik tahun

2021-2025. Model prakiraan Jaringan Syaraf Tiruan *backpropagation* yang dipergunakan memprakirakan konsumsi energi listrik memiliki pola pembelajaran dengan 6 neuron input layer, 20 neuron hidden layer dan 1 neuron output layer.

DAFTAR PUSTAKA

- Aimee, M.K., 2017 Predicting the Quantifiable Impacts of ISO 50001 on Climate Change Mitigation. *Energy Policy*, 107, pp.278-288.
- Amber, K.P., & Aslam, M.W., 2017. Energy Consumption Forecasting for University Sector Buildings. *Journals Energies*, 10(10).
- Chen, R.J.C., Bloomfield, P., & Cabbage, F.W., 2007. Comparing Forecasting Models in Tourism. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 32(1).
- Farah, Whaley, Saman, & Boland. 2019. Integrating climate change into meteorological weather data for building energy simulation. *Energy and Buildings*, Volume 183, 15 January 2019, Pages 749-760.
- Hamid, R., Khosravani., & Castilla, M.D.M., 2016. A Comparison of Energy Consumption Prediction Models Based on Neural Networks of a Bioclimatic Building. *Energies*, 9(1).
- Hamidie., 2009. *Metode Koefisien Energi Untuk Peramalan Beban Jangka Pendek Pada Jaringan Jawa Madura Bali*.
- Hasim, A., 2008. *Prakiraan Beban Listrik Kota Pontianak Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (Artificial Neural Network)*.
- Jason, R., & Radu, Z., 2019. Forecasting Energy Use in Building Using Artificial Neural Network: A Review. *Energies*, 72, pp.3254.
- Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intellegent*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lee, S.J., Choi, WS., 2013. A Multi-Industry Bankruptcy Prediction Model Using Back-Propagation Neural Network and Multivariate Discriminant Analysis. *Expert Systems with Applications*, 40(8), pp.2941-2946.

- Lupato, M., 2019. Italian TRYs: New Weather Data Impact on Building Energy Simulations. *Energy and Buildings*, 185(15), pp. 287-303.
- Mahfud, A., 2020. Sistem Peramalan Modal Kegiatan Pembelian Tebu Menggunakan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) (Studi Kasus di UD. Juara Argo Perkasa). *Seminar Informatika Aplikatif Polinema (SIAP)*.
- Moon, K.K., Kim, Y.S., & Srebric, J., 2020. Predictions of Electricity Consumption in a Campus Building Using Occupant Rates and Weather Elements with Sensitivity Analysis: Artificial Neural Network vs Linear Regression. *Sustainable Cities and Society*, 62.
- Park, K., 2006. A Prediction of Bursting Failure in Tube Hydroforming Process Based on Plastic Instability. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27, pp.518–524.
- Prasetyo, E., 2014. *Data Mining - Mengolah Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Rajesh, K., Aggarwal, R.K., & Sharma, J.D., 2013. Energy Analysis of a Building Using Artificial Neural Network: A Review. *Energy and Buildings*, 65, pp.352-358.
- Ruijiang, L., Han, Y., Zhou, X., 2017. Characteristics of Campus Energy Consumption in North China University of Science and Technology. *Procedia Engineering*, 205, pp.3816-3823.
- Sharma, & Nijhawan., 2015. Rainfall Prediction Using Neural Network. *International Journal of Computer Science Trends and Technology (IJCST)*, 3(3).
- Suhardi., 2019. Forecasting Analysis of New Students Acceptance Using Time Series Forecasting Method. *Jurnal Akrab Juara*, 4(5).

- Universitas Negeri Semarang., 2019. *Laporan Rektor UNNES 2019 dalam rangka Dies Natalis Unnes. Semarang.*
- Yan, D., & Qiaochu, W., 2020. Optimization approach of passive cool skin technology application for the Building's Exterior Walls. *Journal of Cleaner Production*, 256.
- Yuan, J., Farnham, C., Azuma, C., & Emura, K., 2018. Predictive Artificial Neural Network Models to Forecast the Seasonal Hourly Electricity Consumption for a University Campus. *Sustainable Cities and Society*, 42, pp.82-92.
- Zhao, H., & Magoulès, F., 2012. Feature Selection for Predicting Building Energy Consumption Based on Statistical Learning Method. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 2012.
- Zhao, H.X., & Magoulès, F., 2012. Feature Selection for Predicting Building Energy Consumption Based on Statistical Learning Method. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 2012.



ISSN 2961-7448

