

BAB VI. INVESTIGASI PERILAKU KONTROL PREDIKTIF PETANI TERHADAP RISIKO TANAM DENGAN PENDEKATAN *GAME THEORY*

Avi Budi Setiawan¹, Walid, Revi Alvi Dzikri
Ekonomi Pembangunan, Fakultas Ekonomi,
Universitas Negeri Semarang

avibs@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i1.87>

Abstrak

Kegiatan usaha tani khususnya hortikultura dihadapkan oleh tantangan yang besar, tantangan ini umumnya terkait dengan resiko usahatani. Risiko yang sering muncul dalam kegiatan usaha tani adalah risiko produksi dan risiko harga. Bahasan dalam paparan ini akan mencakup risiko usaha tani hortikultura, dan bagaimana sikap dan perilaku petani dalam menanggapi kemungkinan risiko yang terjadi. Analisis dalam telaah ini berfokus pada analisis perilaku petani subsektor hortikultura dengan menerapkan *game theory*. Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah: (1) mengidentifikasi dan menganalisis tingkat risiko usaha tani hortikultura jenis sayuran di Kecamatan Bandungan. (2) mengetahui Bagaimana perilaku petani dalam pengambilan keputusan untuk menghadapi risiko usaha tani hortikultura jenis sayuran. Kemudian (3) Perilaku kontrol prediktif petani terhadap risiko tanam dengan pendekatan *game theory*.

Kata Kunci: Usaha tani, Holtikultura, Resiko, Game Theory

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia. Selain berkontribusi besar terhadap pembentukan Produk Domestik

Bruto (PDB), sektor ini merupakan sektor penyerap tenaga terbesar di Indonesia. Namun jika dilihat dalam perkembangannya, kontribusi sektor pertanian cenderung mengalami penurunan setiap tahunnya. Hal tersebut disebabkan karena sektor tersebut dianggap kurang menguntungkan dan memiliki risiko yang tinggi.

Salah satu daerah yang memiliki potensi pertanian melimpah di Indonesia adalah Kabupaten Semarang. Letaknya yang berada di bawah kaki Gunung Ungaran dan Kaki Gunung Merbabu menjadikan sebagian besar wilayah Kabupaten Semarang adalah lahan pertanian. Sektor pertanian memiliki peran penting bagi perekonomian Kabupaten Semarang. Hal tersebut ditunjukkan dengan besarnya kontribusi sektor pertanian terhadap Produk Domestik Regional Bruto (PDRB).

Tabel 6.1. Distribusi PDRB Kabupaten Semarang Menurut Lapangan Usaha Tahun 2018-2020

PDRB Lapangan Usaha	Distribusi PDRB Seri 2010 Menurut Lapangan Usaha (dalam%)					
	Harga Berlaku			Harga Konstan 2010		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
A. Pertanian, Kehutanan & Perikanan	11,20	10,85	11,19	10,53	10,19	10,45
B. Pertambangan dan Pengalihan	0,27	0,27	0,27	0,22	0,22	0,23
C. Industri Pengolahan	39,05	39,34	39,03	38,01	38,28	37,63
D. Pengadaan Listrik dan Gas	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13
E. Pengadaan Air, Pengelolaan Sampah, Limbah dan Daur Ulang	0,06	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08
F. Konstruksi	13,99	13,76	13,57	13,75	13,37	13,33
G. Perdagangan Besar dan Eceran; Reparasi Mobil dan Sepeda Motor	10,87	10,94	10,62	11,68	11,74	11,42
H. Transportasi dan	1,98	2,04	1,65	2,29	2,36	1,88

Pergudangan						
I. Penyediaan Akomodasi dan Makan Minum	3,05	3,11	2,95	3,18	3,27	3,14
J. Informasi dan Komunikasi	3,42	3,54	4,17	4,64	4,85	5,78
K. Jasa Keuangan dan Asuransi	3,53	3,46	3,55	3,41	3,36	3,50
L. Real Estate	3,06	3,04	3,05	3,31	3,31	3,36
M,N. Jasa Perusahaan	0,54	0,56	0,55	0,51	0,53	0,52
O. Administrasi Pemerintahan, Pertahanan dan Jaminan Sosial Wajib	2,72	2,63	2,66	2,65	2,58	2,61
P. Jasa Pendidikan	4,17	4,27	4,43	3,52	3,59	3,67
Q. Jasa Kesehatan dan Kegiatan Sosial	0,74	0,75	0,84	0,74	0,75	0,84
R,S,T,U. Jasa lainnya	1,24	1,27	1,29	1,36	1,40	1,43
PRODUK DOMESTIK REGIONAL BRUTO	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021

Berdasarkan Tabel 6.1 dapat dilihat bahwa sektor pertanian memiliki kontribusi terhadap PDRB terbesar ketiga setelah sektor Industri Pengolahan dan Sektor Konstruksi. Pada tahun 2018 kontribusi sektor pertanian terhadap PDRB menurut harga berlaku adalah sebesar 11,20%. Namun pada tahun 2020 kontribusinya cenderung menurun menjadi 11,19%. Wilayah Kabupaten Semarang seluas 95.020,67 ha terdiri dari 23.724,45 ha lahan pertanian sawah (25%), 44.495,02 ha lahan pertanian bukan sawah (47%) dan 26.801,2 ha lahan bukan pertanian (28%). Lahan bukan pertanian bukan sawah sebagian besar berupa tegalan/kebun seluas 25.492,06 ha. Pada tahun 2020 luas panen padi sawah sebesar 41.245 ha dan luas panen padi ladang sebesar 1.159 ha dengan produktivitas masing-masing sebesar 6,20 ton/ha dan 4,59 ton/ha. Produksi padi sawah tahun 2020 sebesar 255.781 ton dan padi ladang sebesar 5.320 ton. Peningkatan luas panen padi sawah berimbas pada peningkatan produksi, bahkan produktivitasnya mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya

yaitu 5,84 ton/ha.

Selain komoditi padi dan palawija, komoditi lain yang tercakup dalam tanaman bahan makanan yang cukup potensi adalah komoditi hortikultura. Kondisi alam Kabupaten Semarang yang relatif sejuk, maka wajar bila komoditi hortikultura berpotensi besar. Produksi sayuran seperti cabai besar, kentang dan bawang daun mendominasi dibandingkan komoditi sayuran lainnya dengan produksi lebih dari 100 ribu kuintal. Sayuran merupakan komoditas hortikultura yang banyak dikembangkan oleh para petani di Kabupaten Semarang. Produksi sayuran di Kabupaten Semarang sangat melimpah seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 6.2. Produksi Sayuran di Kabupaten Semarang Tahun 2017-2019 (Kw)

Jenis Tanaman		Produksi Sayuran di Kabupaten Semarang (kw)		
		2017	2018	2019
1	Lombok	245.970	82.290	285.439
2	Kobis	300.127	205.118	243.533
3	Bawang merah	1.742	286	4.217
4	Bawang putih	-	40	11.508
5	Wortel	66.301	117.575	64.260
6	Ketimun	13.388	16.203	68.771
7	Tomat	80.930	66.646	111.630
8	Buncis	33.391	24.389	62.089
9	Bwg. Daun	150.559	123.648	211.051
10	Petsai/ Sawi	165.309	232.609	263.492
11	Kcg. Panjang	2.426	6.080	5.947
12	Terong	18.004	19.875	68.440
13	Labu Siam	23.788	15.460	110.767
14	Bayam	10.296	6.785	9.625
15	Seledri	9.034	-	-
16	Petai	48.929	19.696	92.710
17	Melinjo	-	800	21.967
18	Lobak	-	25.133	39.582

19	Kangkung	14.478	11.318	18.472
20	Kentang	-	32.249	50.121

Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021

Seperti yang terlihat pada Tabel 6.2 bahwa komoditas sayuran yang dibudidayakan oleh petani di Kabupaten Semarang sangat beraneka ragam. Produksi sayuran tersebut cenderung mengalami peningkatan setiap tahunnya. Salah satu kecamatan yang memiliki potensi pertanian sayuran adalah Kecamatan Bandungan. Letaknya yang berada di kaki Gunung Ungaran dan sekaligus sebagai tujuan wisata menjadikan produksi sayuran di kecamatan tersebut sangat melimpah. Namun, sebagaimana yang kita ketahui bahwa kegiatan usahatani khususnya hortikultura dihadapkan oleh tantangan yang sangat besar. Tantangan yang dihadapi dalam kegiatan pertanian adalah risiko. Kegiatan usahatani juga menghadapi suatu kendala yang memiliki banyak risiko. Risiko didefinisikan sebagai suatu ketidakpastian (*uncertainty*) yang mungkin menimbulkan kerugian (Kasidi, 2104).

Risiko yang sering muncul dalam kegiatan usahatani adalah risiko produksi dan risiko harga. Risiko produksi dalam usahatani diakibatkan oleh ketergantungan aktivitas pertanian terhadap alam (Renthindy *et al.*, 2013). Jika cuaca dan iklim tidak mendukung maka kemungkinan risiko yang diterima semakin tinggi. Sedangkan risiko harga dipengaruhi oleh banyaknya produksi sayuran pada musim tertentu. Apabila panen raya maka harga sayuran menurun. Selain itu risiko usaha tani sayuran yang utama adalah frekuensi banjir, kekeringan, dan serangan hama penyakit yang saat ini menjadi masalah kompleks dalam situasi perubahan iklim yang sulit diprediksi (Suharyanto *et al.*, 2015).

Risiko berkaitan dengan pengambilan keputusan. Menurut Nugroho (2012) ketidakpastian mempengaruhi pengambilan keputusan karena berhubungan dengan risiko yang dihadapi. Petani memiliki perilaku yang berbeda-beda dalam menghadapi risiko yang mungkin terjadi dalam kegiatan pertaniannya. Herminingsih (2014) menyatakan bahwa sebagian besar petani memiliki perilaku enggan terhadap risiko dan sebagian kecil

bersikap netral terhadap risiko, namun tidak ada seorangpun memiliki perilaku berani mengambil risiko. Perbedaan perilaku yang dimiliki petani berdampak pada kesiapan untuk menghadapi risiko yang mungkin terjadi.

Tingkat risiko usahatani hortikultura perlu mendapatkan bahasan khusus. Mengingat urgensinya dalam sistem usahatani. Serta penting untuk mengetahui bagaimana sikap dan perilaku petani dalam menanggapi kemungkinan risiko yang terjadi. Telaah kajian ini berfokus pada analisis perilaku petani subsektor hortikultura dengan menerapkan *game theory*.

HASIL PEMBAHASAN

Teori permainan yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan menyusun matriks pembayaran (*pay off*). Teori permainan yang digunakan adalah jenis permainan dengan dua pemain berjumlah nol. Dimana untuk mendapatkan solusi optimal digunakan dua macam strategi yaitu strategi murni (*pure strategy*) dan strategi campuran (*mixed strategy*). Jika menggunakan strategi murni yang telah menerapkan aturan dominasi namun belum diperoleh strategi optimal, maka dapat dilanjutkan dengan menggunakan strategi campuran. Kajian ini membandingkan petani pembudidaya sayuran daun dan sayuran buah. Adapun variabel yang digunakan adalah X dan Y, dimana X adalah variabel sayuran daun dan Y adalah variabel sayuran buah.

Pengolahan Data dengan Permainan Strategi Murni (Pure Strategy Game)

Langkah pertama yang dilakukan dalam pengolahan data teori permainan ini adalah dengan menyusun tabel matriks *pay off* sayuran daun sebagai pemain baris (pemain yang memaksimalkan) sedangkan sayuran buah disini sebagai pemain kolom (pemain dan meminimasi). Adapun rekapitulasi data permainan sayuran daun vs sayuran buah tersaji pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Rekapitulasi Data Permainan Sayuran Daun vs Sayuran Buah

P1		P2		Sayuran Buah					
				Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
Sayuran Daun	X_1	14	18	27	24	17	25		
		26	22	13	16	23	15		
	X_2	28	22	21	17	16	18		
		12	18	19	23	24	22		
	X_3	13	28	18	28	30	14		
		27	12	22	12	10	26		
X_4	27	16	18	12	11	14			
	13	24	22	28	29	26			
X_5	29	21	31	14	17	24			
	11	19	9	26	23	16			
X_6	13	12	32	17	23	25			
	27	28	8	23	17	15			

Setelah menyusun matriks *pay off* maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai persaingan sayuran daun dan buah. Perolehan jumlah nilai pemain baris (sayuran daun) dikurangi dengan nilai perolehan pemain kolom (Sayuran Buah), sehingga diperoleh nilai perolehan seperti pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4. Matriks Nilai Perolehan Sayuran Daun dan Sayuran Buah

P2 \ P1		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
		X_1	-12	-4	14	8	-6
X_2	16	4	2	-6	-8	-4	
X_3	-14	16	-4	16	20	-12	
X_4	14	-8	-4	-16	-18	-12	
X_5	18	2	22	-12	-6	8	
X_6	-14	-16	24	-6	6	10	

Setelah didapatkan nilai perolehan pada masing-masing variabel seperti yang terlihat pada tabel 6.4, maka dapat dilanjutkan dengan mencoba permainan strategi murni (*pure*

strategy). Dalam strategi ini akan dicari nilai maksimin dari pemain baris (sayuran daun) dan nilai minimaks dari pemain kolom (sayuran buah). Perolehan nilai maximin dan minimaks tersaji pada Tabel 6.5:

Tabel 6.5. Nilai Maksimin dan Minimax pada Permainan Strategi Murni

		Sayuran Buah						<i>Minimum</i>
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	
Sayuran Daun	X_1	-12	-4	14	8	-6	10	-12
	X_2	16	4	2	-6	-8	-4	-8
	X_3	-14	16	-4	16	20	-12	-14
	X_4	14	-8	-4	-16	-18	-12	-18
	X_5	18	2	22	-12	-6	8	-12
	X_6	-14	-16	24	-6	6	10	-16
	<i>Maksimum</i>	18	16	24	16	20	10	10(Minimaks)

Berdasarkan Tabel 6.5 dapat dilihat bahwa nilai maksimin dan minimaks yang diperoleh tidak sama yaitu nilai maksimin sebesar -8 dan nilai minimaks sebesar 10. Hal tersebut berarti *saddle point* tidak tercapai sehingga strategi murni bukan merupakan strategi optimum yang dapat diterapkan. Langkah selanjutnya yaitu dengan menerapkan strategi dominasi. Strategi dalam matriks permainan dapat dikatakan dominan terhadap strategi lainnya apabila memiliki nilai *pay off* yang lebih baik dari strategi lainnya. Pemain baris yang menerapkan kriteria maksimin, maka baris yang mendominasi baris lainnya adalah nilai *pay off* baris tersebut lebih besar dari nilai-nilai *pay off* baris lainnya. Artinya baris yang dikeluarkan dari matriks adalah baris yang didominasi. Akan tetapi, pemain kolom yang menerapkan kriteria minimaks, maka kolom yang dikeluarkan dari matriks adalah kolom yang mendominasi.

Berdasarkan matriks nilai perolehan permainan sayuran daun dan sayuran buah di tabel 6.4 baris X_1 dan X_2 didominasi oleh baris X_3 . Baris-baris yang terdominasi tersebut dapat dikeluarkan

dari matriks sehingga matriks pay off yang ada dapat disederhanakan sebagai berikut:

Tabel 6.6. Matriks *Pay off* Tereduksi I (Dominasi I)

P1 \ P2		Sayuran Buah						<i>Minimum</i>
		Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	
Sayuran Daun	X_3	-14	16	-4	16	20	-12	-14
	X_4	14	-8	-4	-16	-18	-12	-18
	X_5	18	2	22	-12	-6	8	-12
	X_6	-14	-16	24	-6	6	10	-16
<i>Maksimum</i>		18	16	24	16	20	10	

(Minimaks)

Berdasarkan Tabel 6.6 dapat dilihat bahwa nilai maksimin yang baru adalah (-12) dan nilai minimaks 10. Hasil tersebut menunjukkan bahwa permainan ini belum optimal karena tidak ditemukan *saddle point* yang sama. Dengan meneliti baris yang tersisa, untuk pemain kolom terlihat bahwa strategi Y_3 mendominasi strategi lainnya, sehingga strategi Y_3 dapat dihilangkan dan terbentuk matriks *pay off* yang baru sebagai berikut:

Tabel 6.7. Matriks *Pay off* Tereduksi II (Dominasi II)

P1 \ P2		Sayuran Buah					<i>Minimum</i>
		Y_1	Y_2	Y_4	Y_5	Y_6	
Sayuran Daun	X_3	-14	16	16	20	-12	-14
	X_4	14	-8	-16	-18	-12	-18
	X_5	18	2	-12	-6	8	-12
	X_6	-14	-16	-6	6	10	-16
<i>Maksimum</i>		18	16	16	20	10	

(Minimaks)

Tabel 6.7 menjelaskan bahwa nilai maksimin yang diperoleh adalah (-12) dan nilai minimaksnya adalah 10. Hasil tersebut menunjukkan bahwa permainan ini masih belum juga

optimal. Oleh karena itu, dengan memperhatikan baris yang tersisa, terlihat bahwa X_4 dan X_5 didominasi oleh strategi X_4 , sehingga X_4 dan X_5 dapat dihilangkan dari matriks sehingga tersusun matriks yang baru:

Tabel 6.8. Matriks *Pay off* Tereduksi III (Dominasi III)

		P2		Sayuran Buah			
		Y_1	Y_2	Y_4	Y_5	Y_6	<i>Minimum</i>
Sayuran Daun	X_5	18	2	-12	-6	8	-12
	X_6	-14	-16	-6	6	10	-16
<i>Maksimum</i>		18	2	-6	6	10	(Maksim)
		(Minimaks)					

Berdasarkan Tabel 6.8 dapat dijelaskan bahwa setelah dilakukan aturan dominasi yang ke III masih belum juga ditemukan *saddle point* yang sama karena nilai maksimin dan minimaks yang berbeda. Hal tersebut menunjukkan bahwa permainan ini tidak dapat ditemukan dengan strategi murni baik untuk pemain baris maupun kolom. Oleh karena itu, langkah selanjutnya untuk mencapai *saddle point* dapat menggunakan strategi campuran dengan menggunakan program linear dengan metode simpleks.

Dalam metode simpleks, tidak boleh ada nilai *pay off* yang bernilai negatif. Langkah selanjutnya adalah modifikasi terhadap nilai *pay off* agar bernilai positif yaitu dengan menambahkan konstanta 18 karena nilai tersebut adalah yang terkecil dalam matriks *pay off*. Setelah ditambahkan, maka matriks *pay off* permainan yang ada berubah menjadi sebagai berikut:

Tabel 6.9. Matriks Nilai Perolehan Modifikasi Permainan Sayuran Daun dan Sayuran Buah

P2 \ P1	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
X_1	6	14	32	26	12	28
X_2	34	22	20	12	10	14
X_3	4	34	14	34	38	6
X_4	32	10	14	2	0	6
X_5	36	20	40	6	12	26
X_6	4	2	42	12	24	28

Tabel 6.9 menunjukkan bahwa nilai *pay off* pada masing-masing strategi sudah bernilai positif semua dan dapat dilanjutkan dengan perhitungan sebagai berikut:

a. Untuk Pemain Baris (Sayuran Daun)

Pemain baris disini merupakan maximizing player sehingga tujuannya adalah memaksimalkan V atau sama dengan meminimumkan $\frac{1}{V}$. Selanjutnya dapat dirumuskan kedalam bentuk program linear untuk pemain baris seperti persamaan 1.

$$\text{Meminimumkan } Z = \frac{1}{V} = \sum_{i=1}^6 X_i = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 \quad (1)$$

Dengan persamaan tersebut maka permasalahan akan diselesaikan dengan metode simpleks pada program linear dengan batasan:

$$6X_1 + 34X_2 + 4X_3 + 32X_4 + 36X_5 + 4X_6 \geq 1 \quad (2)$$

$$14X_1 + 22X_2 + 34X_3 + 10X_4 + 20X_5 + 2X_6 \geq 1 \quad (3)$$

$$32X_1 + 20X_2 + 14X_3 + 14X_4 + 40X_5 + 42X_6 \geq 1 \quad (4)$$

$$26X_1 + 12X_2 + 34X_3 + 2X_4 + 6X_5 + 12X_6 \geq 1 \quad (5)$$

$$12X_1 + 10X_2 + 38X_3 + 0X_4 + 12X_5 + 24X_6 \geq 1 \quad (6)$$

$$28X_1 + 14X_2 + 6X_3 + 6X_4 + 26X_5 + 28X_6 \geq 1 \quad (7)$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 \geq 0 \quad (8)$$

Langkah pertama adalah menyusun permasalahan-permasalahan kedalam Tabel 6.10 dan menentukan kolom kunci

untuk mengubah tabel simplek. Dengan memilih fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar dan terpilih kolom X5. Selanjutnya menentukan baris kunci dengan cara mencari indeks tiap-tiap baris dengan membagi nilai-nilai pada kolom Nilai Kanan (NK) sehingga terpilih baris X1 Adapun tabel simpleks yang terbentuk pada tabel.

Tabel 6.10. Tabel Simpleks Pertama

	Z	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	NK
Z	1	1	1	1	1	1	1	1
X ₁	1	6	34	4	32	36	4	1
X ₂	1	14	22	34	10	20	2	1
X ₃	1	32	20	14	14	40	42	1
X ₄	1	26	12	34	2	6	12	1
X ₅	1	12	10	38	0	12	24	1
X ₆	1	28	14	6	6	26	28	1

Langkah kedua adalah mengubah seluruh nilai baris kunci dengan cara membagi seluruh nilai-nilai baris kunci dengan angka kunci. Angka kunci yang dipilih adalah angka yang diapit oleh kolom kunci dan baris kunci yaitu 36. X1 merupakan baris kunci, maka seluruh elemen baris kunci dibagi dengan angka kunci 36 diperoleh baris kunci baru sebagai berikut:

Baris Kunci Baru

	Z	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Z	1	1	1	1	1	1	
X ₁	1	$\frac{6}{36}$	$\frac{34}{36}$	$\frac{4}{36}$	$\frac{32}{36}$	$\frac{36}{36}$	$\frac{4}{36}$

Langkah ketiga, mengubah nilai selain pada baris kunci dengan menggunakan rumus baris baru sebagai berikut:

Baris Baru (BB) = Baris Lama (BL) – (Koefisien kolom kunci x baris kunci baru) (9)

Setelah dihitung dengan rumus tersebut, maka masing-masing nilai selain pada baris kunci akan berubah nilainya menjadi seperti tabel di bawah:

Baris Kedua

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris kedua yang baru sebagai berikut:

BL	14	22	34	10	20	2
X_2	$20 \times \frac{6}{36}$	$20 \times \frac{34}{36}$	$20 \times \frac{4}{36}$	$20 \times \frac{32}{36}$	$20 \times \frac{36}{36}$	$20 \times \frac{4}{36}$ (-)
BB	10,67	3,11	31,78	-7,78	0,00	-0,22

Baris Ketiga

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris ketiga yang baru sebagai berikut:

BL	32	20	14	14	40	42
X_2	$40 \times \frac{6}{36}$	$40 \times \frac{34}{36}$	$40 \times \frac{4}{36}$	$40 \times \frac{32}{36}$	$40 \times \frac{36}{36}$	$40 \times \frac{4}{36}$ (-)
BB	25,33	-17,78	9,56	-21,56	0,00	37,56

Baris Keempat

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris keempat yang baru sebagai berikut:

BL	26	12	34	2	6	12
X_2	$6 \times \frac{6}{36}$	$6 \times \frac{34}{36}$	$6 \times \frac{4}{36}$	$6 \times \frac{32}{36}$	$6 \times \frac{36}{36}$	$6 \times \frac{4}{36}$ (-)
BB	25,00	6,33	33,33	-3,33	0,00	11,33

Baris Kelima

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris kelima yang baru sebagai berikut:

BL	12	10	38	0	12	24
X_2	$12 \times \frac{6}{36}$	$12 \times \frac{34}{36}$	$12 \times \frac{4}{36}$	$12 \times \frac{32}{36}$	$12 \times \frac{36}{36}$	$12 \times \frac{4}{36}$ (-)
BB	10,00	-1,33	36,67	-10,67	0,00	22,66

Baris Keenam

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris keenam yang baru sebagai berikut:

BL	28	14	6	6	26	28	
X_2	$26 \times \frac{6}{36}$	$26 \times \frac{34}{36}$	$26 \times \frac{4}{36}$	$26 \times \frac{32}{36}$	$26 \times \frac{36}{36}$	$26 \times \frac{4}{36}$	(-)
BB	23,67	-10,56	3,11	-17,11	0,00	28,00	

Berdasarkan baris keenam, Kemudian dapat disusun tabel simpleks yang baru sebagai berikut:

Tabel 6.11. Tabel Simpleks Baru

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
X_1	0,17	0,94	0,11	0,89	1	0,11
X_2	10,67	3,11	31,78	-7,78	0	-0,22
X_3	25,33	-17,78	9,56	-21,56	0	37,56
X_4	25,00	6,33	33,33	-3,33	0	11,33
X_5	10,00	-1,33	36,67	-10,67	0	22,66
X_6	23,67	-10,56	3,11	-17,11	0	28,00
C_j-Z_j	94,84	-19,29	114,56	-59,56	1	99,44

Berdasarkan Tabel 6.11 dapat dilihat bahwa masih terdapat bilai negatif pada baris fungsi tujuan sehingga iterasi masih harus dilanjutkan dengan perbaikan. Iterasi akan berhenti jika semua nilai pada baris tujuan sudah tidak ada yang bernilai negatif. Iterasi lanjutan dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan software POM QM 5.2 dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6.12. Solusi Optimal Permainan Sayuran Daun vs Sayuran Buah pada POM QM 5.2

<i>Minimize</i>	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	RHS	Dual
	1	1	1	1	1	1		
Constraint 1	6	34	4	32	36	4	≥ 1	-0,02
Constraint 2	14	22	34	10	20	2	≥ 1	0
Constraint 3	32	20	14	14	40	42	≥ 1	0
Constraint 4	26	12	34	2	6	12	≥ 1	-0,02
Constraint 5	12	10	38	0	12	24	≥ 1	0
Constraint 6	28	14	6	6	26	28	≥ 1	-0,01
Solution	0,01	0	0,02	0	0,02	0		0,05

Berdasarkan tabel 6.12 diperoleh solusi optimal sebagai berikut:

$$X_1 = 0,01$$

$$X_3 = 0,02$$

$$X_5 = 0,02$$

$$X_2 = X_4 = X_6 = 0 \text{ dan}$$

$$Z = 0,05$$

$$\text{Karena } Z = \frac{1}{V} \text{ dan } xi = \frac{xi}{V}$$

$$\text{Maka } V = \frac{1}{Z} = \frac{1}{0,05} = 20$$

$$\overline{X1} = X1 \times V = 0,01 \times 20 = \mathbf{0,20}$$

$$\overline{X2} = X2 \times V = 0 \times 20 = 0$$

$$\overline{X3} = X3 \times V = 0,02 \times 20 = \mathbf{0,40}$$

$$\overline{X4} = X4 \times V = 0 \times 20 = 0$$

$$\overline{X5} = X5 \times V = 0,02 \times 20 = \mathbf{0,40}$$

$$\overline{X6} = X6 \times V = 0 \times 20 = 0$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat dijelaskan bahwa strategi campuran yang digunakan pada komoditas sayuran daun adalah strategi modal, perawatan dan juga pemasaran dengan masing-masing probabilitasnya 0,20; 0,40 dan 0,40. Karena elemen-elemen diatas sebelumnya telah ditambahkan dengan $k=18$, maka nilai permainan optimalnya sebesar:

$$\mathbf{V = 20-18 = 2}$$

Sehingga diperoleh strategi optimal pagi komoditas sayuran daun yaitu strategi X1 (Modal), X3 (Perawatan) dan X5 (Pemasaran) dengan nilai permainan (*value of games*) sebesar **2**.

b. Untuk Pemain Baris (Sayuran Buah)

Pemain kolom disini merupakan minimizing player sehingga tujuannya adalah meminimumkan V atau sama dengan memaksimumkan $\frac{1}{V}$. Sehingga dapat dirumuskan kedalam bentuk program linear untuk pemain baris sebagai berikut:

$$\text{Meminimumkan } Z = \frac{1}{V} = \sum_{j=1}^6 y_j = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 \dots \dots \dots 1$$

Dengan persamaan tersebut maka permasalahan akan diselesaikan dengan metode simpleks pada program linear dengan batasan:

$$6y_1 + 14y_2 + 32y_3 + 26y_4 + 12y_5 + 28y_6 \geq 1$$

$$34y_1 + 22y_2 + 20y_3 + 12y_4 + 10y_5 + 14y_6 \geq 1$$

$$4y_1 + 14y_2 + 32y_3 + 26y_4 + 12y_5 + 28y_6 \geq 1$$

$$32y_1 + 10y_2 + 14y_3 + 2y_4 + 0y_5 + 6y_6 \geq 1$$

$$36y_1 + 20y_2 + 40y_3 + 6y_4 + 12y_5 + 26y_6 \geq 1$$

$$4y_1 + 2y_2 + 42y_3 + 12y_4 + 24y_5 + 28y_6 \geq 1$$

$$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6 \geq 0 \dots \dots \dots 2$$

Langkah pertama adalah menyusun permasalahan-permasalahan kedalam tabel 6.13 dan menentukan kolom kunci untuk mengubah tabel simplek. Dengan memilih fungsi tujuan yang bernilai negatif dengan angka terbesar dan terpilih kolom kunci Y3. Selanjutnya menentukan baris kunci dengan cara mencari indeks tiap-tiap baris dengan membagi nilai-nilai pada kolom Nilai Kanan (NK) sehingga terpilih baris Y5

Tabel 6.13. Tabel Simpleks Pertama

	Z	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	NK
Z	1	1	1	1	1	1	1	1
Y_1	1	6	14	32	26	12	28	1
Y_2	1	34	22	20	12	10	14	1
Y_3	1	4	34	14	34	38	6	1
Y_4	1	32	10	14	2	0	6	1
Y_5	1	36	20	40	6	12	26	1
Y_6	1	4	2	42	12	24	28	1

Langkah kedua adalah mengubah seluruh nilai baris kunci dengan cara membagi seluruh nilai-nilai baris kunci dengan angka kunci. Angka kunci yang dipilih adalah angka yang diapit oleh kolom kunci dan dan baris kunci yaitu 40. Karena Y_5 merupakan baris kunci, maka seluruh elemen baris kunci dibagi dengan angka kunci 40. Sehingga diperoleh baris kunci baru sebagai berikut:

Baris Kunci Baru

	Z	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
Z	1	1	1	1	1	1	
Y_5	1	$\frac{36}{40}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{40}{40}$	$\frac{6}{40}$	$\frac{12}{40}$	$\frac{26}{40}$

Langkah ketiga, mengubah nilai selain pada baris kunci dengan menggunakan rumus baris baru sebagai berikut:

Baris Baru (BB) = Baris Lama (BL) – (Koefisien kolom kunci x baris kunci baru)

Setelah dihitung dengan rumus tersebut, maka masing-masing nilai selain pada baris kunci akan berubah nilainya menjadi seperti berikut ini:

Baris Pertama

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris pertama yang baru sebagai berikut:

BL	6	14	32	26	12	28
Y ₁	$32 \times \frac{36}{40}$	$32 \times \frac{20}{40}$	$32 \times \frac{40}{40}$	$32 \times \frac{6}{40}$	$32 \times \frac{12}{40}$	$32 \times \frac{26}{40}$ (-)
BB	-22,80	-2,00	0,00	21,20	2,40	7,20

Baris Kedua

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris Kedua yang baru sebagai berikut:

BL	34	22	20	12	10	14
Y ₂	$20 \times \frac{36}{40}$	$20 \times \frac{20}{40}$	$20 \times \frac{40}{40}$	$20 \times \frac{6}{40}$	$20 \times \frac{12}{40}$	$20 \times \frac{26}{40}$ (-)
BB	16	12	0	9	4	1

Baris Ketiga

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris ketiga yang baru sebagai berikut:

BL	4	34	14	34	38	6
Y ₃	$14 \times \frac{36}{40}$	$14 \times \frac{20}{40}$	$14 \times \frac{40}{40}$	$14 \times \frac{6}{40}$	$14 \times \frac{12}{40}$	$14 \times \frac{26}{40}$ (-)
BB	-8,60	27,00	0,00	31,90	33,80	-3,10

Baris Keempat

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris keempat yang baru sebagai berikut:

BL	32	10	14	2	0	6
Y ₄	$14 \times \frac{36}{40}$	$14 \times \frac{20}{40}$	$14 \times \frac{40}{40}$	$14 \times \frac{6}{40}$	$14 \times \frac{12}{40}$	$14 \times \frac{26}{40}$ (-)
BB	19,40	3,00	0,00	-0,10	-4,20	-3,10

Baris Keenam

Dengan merujuk pada rumus baris baru (BB) maka diperoleh nilai baris keenam yang baru sebagai berikut:

BL	4	2	42	12	24	28	
Y6	$42 \times \frac{36}{40}$	$42 \times \frac{20}{40}$	$42 \times \frac{40}{40}$	$42 \times \frac{6}{40}$	$42 \times \frac{12}{40}$	$42 \times \frac{26}{40}$	(-)
BB	-33,80	-19,00	0,00	5,70	11,40	0,70	

Kemudian dapat disusun tabel simpleks yang baru sebagai berikut:

Tabel 6.14. Tabel Simpleks Baru

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
Y_1	-22,80	-2,00	0,00	21,20	2,40	7,20
Y_2	16	12	0	9	4	1
Y_3	-8,60	27,00	0,00	31,90	33,80	-3,10
Y_4	19,40	3,00	0,00	-0,10	-4,20	-3,10
Y_5	0,90	0,50	1,00	0,15	0,30	0,65
Y_6	-33,80	-19,00	0,00	5,70	11,40	0,70
$C_j - Z_j$	-28,9	21,5	1	67,85	47,7	3,35

Berdasarkan tabel 6.14 dapat dilihat bahwa masih terdapat bilai negatif pada baris fungsi tujuan sehingga iterasi masih harus dilanjutkan dengan perbaikan. Iterasi akan berhenti jika semua nilai pada baris tujuan sudah tidak ada yang bernilai negatif. Iterasi lanjutan dalam penelitian ini dilakukan dengan bantuan software POM QM 5.2 dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 6.15. Solusi Optimal Permainan Sayuran Daun vs Sayuran Buah pada POM QM 5.2

<i>Maximize</i>	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	RHS	Dual
	1	1	1	1	1	1		
Constraint 1	6	14	32	26	12	28	≥ 1	0,01
Constraint 2	34	22	20	12	10	14	≥ 1	0
Constraint 3	4	34	14	34	38	6	≥ 1	0,02
Constraint 4	32	10	14	2	0	6	≥ 1	0
Constraint 5	36	20	40	6	12	26	≥ 1	0,02
Constraint 6	4	2	42	12	24	28	≥ 1	0
Solution	0,02	0	0	0,02	0	0,01		0,05

Berdasarkan tabel 6.15 diperoleh solusi optimal sebagai berikut:

$$y_1 = 0,02$$

$$y_4 = 0,02$$

$$y_6 = 0,01$$

$$y_2 = y_3 = y_5 = 0 \text{ dan}$$

$$Z = 0,05$$

$$\text{Karena } Z = \frac{1}{V} \text{ dan } xi = \frac{xi}{V}$$

$$\text{Maka } V = \frac{1}{Z} = \frac{1}{0,05} = 20$$

$$\overline{y1} = y1 \times V = 0,02 \times 20 = \mathbf{0,40}$$

$$\overline{y2} = y2 \times V = 0 \times 20 = 0$$

$$\overline{y3} = y3 \times V = 0 \times 20 = 0$$

$$\overline{y4} = y4 \times V = 0,02 \times 20 = \mathbf{0,40}$$

$$\overline{y5} = y5 \times V = 0 \times 20 = 0$$

$$\overline{y6} = y6 \times V = 0,01 \times 20 = \mathbf{0,20}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dapat dijelaskan bahwa strategi campuran yang digunakan terhadap komoditas sayuran buah adalah strategi modal, tenaga dan juga harga dengan masing-masing probabilitasnya 0,40; 0,40 dan 0,20. Karena elemen-elemen diatas sebelumnya telah ditambahkan dengan $k=18$, maka nilai permainan optimalnya sebesar:

$$\mathbf{V = 20 - 18 = 2}$$

Sehingga diperoleh strategi optimal bagi komoditas sayuran buah yaitu strategi y_1 (Modal), y_4 (Tenaga) dan y_6 (Harga) dengan nilai permainan (*value of games*) sebesar **2**. Dengan menggunakan strategi campuran (*mixed strategy*) diperoleh nilai $V_{maks} = V_{min}$ yaitu 2 yang berarti strategi ini telah memiliki titik pelana (*saddle point*) sehingga dapat disimpulkan bahwa strategi campuran merupakan strategi optimal. Sehingga dapat dikatakan bahwa nilai permainan optimal antara sayuran daun dan sayuran buah adalah sebesar 2 dengan probabilitas masing-masing strategi yang digunakan sebagai strategi optimalnya.

Strategi optimal untuk sayuran daun adalah strategi modal dengan alokasi sebesar 20%, kemudian strategi perawatan dengan

alokasi sebesar 40% dan terakhir adalah strategi pemasaran dengan alokasi sebesar 40%. Sedangkan strategi optimal untuk sayuran buah adalah strategi modal dengan alokasi sebesar 40%, kemudian strategi tenaga dengan alokasi sebesar 40% dan terakhir adalah strategi harga dengan alokasi sebesar 20%.

PENUTUP

Kabupaten Semarang merupakan salah satu daerah yang memiliki potensi sektor pertanian yang tinggi, hal ini dibuktikan dari banyaknya lahan pertanian di Kabupaten Semarang serta tingginya kontribusi sektor pertanian pada PDRB Kabupaten Semarang. Kecamatan Bandungan merupakan daerah dengan potensi sektor pertanian yang cenderung terus tumbuh terutama pada subsektor tanaman hortikultura. Namun, kegiatan usaha tani khususnya hortikultura dihadapkan oleh tantangan yang sangat besar, tantangan yang dihadapi dalam kegiatan pertanian adalah risiko. Risiko yang sering muncul dalam kegiatan usaha tani adalah risiko produksi dan risiko harga, dimana untuk menghadapi risiko petani dihadapkan dengan pengambilan keputusan yang berhubungan dengan perilaku petani yang cenderung berbeda-beda antara satu sama lain.

Pendekatan game theory dilakukan dengan penyusunan *matriks pay off* dengan beberapa strategi. Pengolahan dengan menggunakan *pure strategy game* dengan sayuran daun sebagai pemain baris dan sayuran buah sebagai pemain kolom. Dari hasil perhitungan diperoleh hasil strategi yang optimal bagi sayuran daun adalah strategi campuran, yaitu strategi modal dengan alokasi sebesar 20%, kemudian strategi perawatan dengan alokasi sebesar 40% dan terakhir adalah strategi pemasaran dengan alokasi sebesar 40%, kemudian *value of games* yang didapatkan adalah sebesar 2. Sedangkan strategi optimal untuk sayuran buah juga merupakan strategi campuran, yakni strategi modal dengan alokasi sebesar 40%, kemudian strategi tenaga dengan alokasi sebesar 40% dan terakhir adalah strategi harga dengan alokasi sebesar 20%, kemudian *value of games* yang didapatkan juga sebesar 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Banihashemi, S.A., & Khalilzadeh, M., 2020. A New Approach for Ranking Efficient DMUs with Data Envelopment Analysis. *World Journal of Engineering*, 17(4), pp.573-583.
- Benaine, S.L., 2020. Performance Gaming: A Systematic Review of the Literature in Public Administration and Other Disciplines with Directions for Future Research. *International Journal of Public Sector Management*, 33(5), pp.497-517.
- Bolomope, M., Amidu, A.R., Filippova, O., & Levy, D., 2020. Property Investment Decision-Making Behaviour Amidst Market Disruptions: An Institutional Perspective. *Property Management*. 39(1), pp.1-21.
- Bond, A., Swain, J., & Kumlien, K., 2020. An Experiential Exercise for Teaching Theories of Work Motivation: Using A Game to Teach Equity and Expectancy Theories. *Organization Management Journal*, 17(3), pp.119-132.
- Carlucci, D., Renna, P., Materi, S., & Schiuma, G., 2020. Intelligent Decision-Making Model Based on Minority Game for Resource Allocation in Cloud Manufacturing. *Management Decision*. 58(11), pp.2305-2325.
- Gupta, R., Biswas, B., Biswas, I., & Sana, S.S., 2020. Firm Investment Decisions for Information Security Under A Fuzzy Environment: A Game-Theoretic Approach. *Information & Computer Security*. 29(1), pp.2056-4961.
- Imran, A., 2019. Penentuan Strategi Pemasaran Jasa Transportasi Online dengan Teori Permainan (Game Theory) untuk Meningkatkan Minat Konsumen di Wilayah Makassar (Studi Pengguna Gojek dan Grab yang Ada di Kampus UIN Alauddin Makassar). *Doctoral Dissertation*. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Liao, M., Zhang, J., & Wang, R., 2020. A Dynamic Evolutionary Game Model of Web Celebrity Brand eWOM Marketing Control Strategy. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 33(1), pp.205-230.
- Patra, S., & Ghose, P., 2020. Quantum-Like Modelling in Game Theory: Quo Vadis? A Brief Review. *Asian Journal of*

- Economics and Banking*, 4(3), pp.49-66.
- Resma, K.S., Sharvani, G.S., & Somula, R., 2021. Optimization of Cloud Load Balancing Using Fitness Function and Duopoly Theory. *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics*, 14(2), pp.198-217.
- Sugiyono, P., 2011. *Metodologi Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Swain, J., Kumlien, K., & Bond, A., 2020. An Experiential Exercise for Teaching Theories of Work Motivation: Using A Game to Teach Equity and Expectancy Theories. *Organization Management Journal*, 17(3), pp.1541-6518.
- Syahrum., & Salim., 2014. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Medan: Cita pustaka Media.
- Wang, L., 2021. Understanding Peer Recommendation in Mobile Social Games: The Role of Needs-supplies Fit and Game Identification. *Information Technology & People*. 35(2), pp.677-702.