



Analisis Sensitivitas Produksi Kopi Sambung

Ulfasari Rafflesia

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu
ulfasari@unib.ac.id

Abstrak

Persoalan optimasi dalam kehidupan sehari-hari dapat diselesaikan dengan menggunakan Program Linier. Salah satunya adalah optimasi produksi kopi sambung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat sensitifnya solusi optimal terhadap perubahan data dengan melakukan analisis pasca optimal (analisis sensitivitas) sehingga solusi optimal tidak berubah. Prosedur penyelesaian penelitian ini adalah merumuskan persoalan ke dalam model program linier, mencari solusi optimal dari model program linier dan melakukan analisis sensitivitas dari solusi optimal yang diperoleh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi optimal diperoleh dengan mengkonversi semua pohon kopi tradisional menjadi kopi sambung pada tahun pertama. Kemudian dengan menggunakan analisis sensitivitas terlihat bahwa perubahan koefisien pada fungsi tujuan dan perubahan nilai pada sisi kanan untuk rentang tertentu memperlihatkan bahwa solusi masih tetap optimal.

Kata kunci: Analisis sensitivitas, program linier, kopi sambung.

PENDAHULUAN

Kopi sambung merupakan suatu proses rejuvenasi atau sambung pucuk dengan cara menyambungkan cabang pohon kopi tradisional dengan bibit unggul sehingga menghasilkan cabang baru. Metode ini memanfaatkan tunas muda atau dengan kata lain peremajaan hingga kopi dapat berbuah terus, sementara dahan yang tidak efektif lagi akan dibuang. Para petani tertarik menggunakan metode baru ini karena terbukti meningkatkan produksi secara signifikan, produksi yang dihasilkan dari hasil kopi sambung dapat meningkat dua kali lipat dari kopi tradisional karena pohon bisa berbuah rutin secara berkala. Hal inilah yg membuat usahatani kopi sambung ini cukup menjanjikan. Masa panen kopi sambung juga rutin secara berkala. Kopi sambung yang berumur 8-10 bulan sudah mulai berbunga. Sedangkan kopi tradisional, harus menunggu selama 3 tahun (Kurniawan, 2011).

Kabupaten Kepahiang dan Rejang Lebong merupakan sentra produksi kopi terbesar di Provinsi Bengkulu. Sebagian besar produksi kopi di Provinsi Bengkulu dihasilkan oleh petani perkebunan rakyat di daerah Kabupaten Rejang Lebong yakni: 14.106 ton dengan total luas areal perkebunan tanaman kopi 23.656 Ha sehingga daerah ini dijadikan indikator dan pusat pengembangan tanaman kopi (BPS Propinsi Bengkulu, 2012). Komoditi kopi merupakan tanaman utama di Kabupaten Rejang Lebong. Tanaman ini telah lama dibudidayakan sebagai usahatani masyarakat yang dilakukan secara turun menurun. Untuk meningkatkan produktivitas tanaman kopi, petani di Rejang Lebong pada saat ini banyak melakukan peremajaan dengan system penyambungan (grafting).

Secara perhitungan ekonomis kegiatan penyambungan akan meningkatkan produktivitas kopi dan cita rasa kopi rakyat dengan catatan dilakukan bahan sambung

yang digunakan memiliki tingkat produksi tinggi, kompatibilitas atau daya gabung yang baik, cita rasanya dan besarnya biji seragam. Dengan kata lain, usahatani kopi sambung ini lebih menguntungkan petani jika dibandingkan dengan usahatani kopi tradisional. Namun, kopi sambung membutuhkan perawatan yang lebih intensif dengan biaya yang dikeluarkan lebih besar dari pada kopi tradisional dan umur ekonomis kopi sambung lebih singkat dibandingkan kopi tradisional sehingga petani yang ingin beralih dari usahatani tradisional menjadi usahatani kopi sambung harus memikirkan berapa banyak kopi tradisional yang akan dirubah menjadi kopi sambung agar mendapatkan hasil produksi yang optimal. Apakah petani harus merubah semua tanaman kopi tradisionalnya menjadi kopi sambung dengan resiko petani tidak akan memperoleh produksi sewaktu peralihan kopi tradisional ke kopi sambung, atau petani harus merubah tanamannya secara bertahap agar sewaktu peralihan dari kopi tradisional ke kopi sambung petani masih bisa mendapat produksi kopi tradisional sambil menunggu kopi sambung mulai produksi. Permasalahan seperti ini bisa diselesaikan dengan model program linier sehingga bisa diperoleh solusi optimal sebagai suatu keputusan yang tepat.

Permasalahan yang muncul selanjutnya adalah bagaimana jika terjadi suatu perubahan terhadap data yang ada, contohnya jika terjadi perubahan biaya perawatan kopi sambung atau jika ada kenaikan upah buruh. Apakah perubahan yang terjadi akan mempengaruhi solusi optimal yang telah diperoleh. Untuk menjawab pertanyaan tersebut akan dilakukan analisis post optimal atau lebih dikenal dengan analisis sensitivitas. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengkaji bagaimana perubahan suatu data dapat memberikan pengaruh pada solusi program linier.

Dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, makalah ini akan mencari solusi optimal dari model program linier persoalan kopi sambung dan menganalisis solusi optimal yang diperoleh dengan melakukan analisis sensitivitas dari solusi optimal yang diperoleh tersebut.

METODE

Jenis dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Kepala Curup Kecamatan Binduriang Kabupaten Rejang Lebong yang merupakan daerah penghasil kopi. Berdasarkan data yang ada, hampir 90% masyarakat merupakan petani kopi, dan lebih dari 70% dari seluruh petani kopi tersebut telah mengubah usaha tani kopi tradisional menjadi usaha tani kopi sambung.

Prosedur Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder dan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung melalui kegiatan observasi, dan wawancara dengan petani. Sementara itu, data sekunder diperoleh melalui buku, jurnal ilmiah, dan studi pustaka lain yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah (1) **Data Populasi Tanaman Kopi**; Banyaknya tanaman kopi tradisional yang berada didalam lahan seluas 1 Ha dengan jarak tanam 2 x 2 m adalah sebanyak 2500 pohon, (2) **Data Biaya Bibit**; Tanaman kopi tradisional membutuhkan biaya bibit sebesar Rp. 5000 per pohon, sedangkan tanaman kopi sambung membutuhkan biaya bibit Jumlah bibit yang dibutuhkan haruslah melebihi kapasitas populasi yang tersedia. Sebesar Rp. 2000 per pohon. Dengan jumlah populasi sebanyak 2500 pohon, dibutuhkan setidaknya 2550

bibit tanaman kopi tradisional dan setidaknya 2600 bibit tanaman kopi sambung yang harus disediakan, **(3) Data Kebutuhan Pupuk dan Biaya Pupuk**; Tanaman kopi tradisional membutuhkan 150 kg pupuk urea dan 25 kg pupuk Kcl dalam 1 Ha untuk satu kali pemupukan. Artinya dengan populasi sebanyak 2500 pohon, setiap pohon kopi tradisional memerlukan 0,06 kg per pohon untuk pupuk urea dan 0,01 kg per pohon untuk pupuk kcl. Sedangkan tanaman kopi sambung membutuhkan 100 kg pupuk urea dan 20 kg pupuk kcl dalam 1 Ha untuk satu kali pemupukan. Artinya dengan populasi sebanyak 2500 pohon, setiap pohon kopi sambung memerlukan 0,04 kg per pohon untuk pupuk urea dan 0,008 kg per pohon untuk pupuk kcl. Sedangkan untuk Harga pupuk adalah Rp. 2500 per kg untuk pupuk urea dan Rp. 4000 per kg untuk pupuk kcl. Pada tanaman kopi tradisional biaya pemupukan adalah Rp.190 per pohon. Pada tanaman kopi sambung biaya pemupukan adalah Rp.132 per pohon. Artinya jika petani memiliki tanaman kopi tradisional dan kopi sambung dalam satu lahan, maka biaya yang dibutuhkan adalah Rp.190 per pohon ditambah Rp. 132 per pohon = Rp. 322 per pohon. **(4) Data Kebutuhan Pestisida dan Biaya Pestisida**; Pemberian dosis pestisida dalam 1 Ha pada tempat penelitian adalah 1 liter dengan harga sebesar Rp. 50.000 per liter. **(5) Data Penggunaan Waktu Tenaga Terja**; Penggunaan tenaga kerja dalam usaha tani kopi dihitung dalam hitungan hari orang kerja (HOK). Pada kopi tradisional dan kopi sambung, pemberian pupuk, penyiangan, pemangkasan, dan pemberantasan hama dan penyakit membutuhkan 2 orang buruh tenaga kerja untuk 5 hari kerja dalam menyelesaikan pemberian pupuk dalam 1 Ha atau 10 HOK untuk satu orang pekerja. **(6) Data Sumber Daya**; Sumber daya yang wajib dialokasikan adalah sumber daya biaya bibit, biaya pupuk, biaya buruh, dan pestisida. Data sumber daya diperlihatkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Batasan Sumber Daya yang Tersedia

No	Jenis Sumber Daya	Sumber Daya yang dibutuhkan (Rp)	Sumber yang Tersedia (Rp)
1	biaya bibit	5.600.000	2.800.000
2	biaya pupuk	990.000	330.000
3	biaya buruh	14.000.000	3.750.000
4	biaya pestisida	150.000	50.000
Jumlah		20.740.000	6.930.000

Teknik Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini menggunakan pendekatan program linier dan menggunakan metode-metode berkaitan untuk mendapatkan solusi yang optimal. Tahap-tahap yang dilakukan dalam analisis data adalah sebagai berikut:

1. Memformulasikan model program linier
2. Menyelesaikan permasalahan program linier dengan menggunakan metode Big-M atau metode dua fase dan program LINDO.
3. Melakukan analisis sensitivitas terhadap model program linier untuk menyelesaikan dan membandingkan hasil penyelesaian permasalahan program linier menggunakan program komputer LINDO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi Model Program Linier

Permasalahan yang dihadapi oleh petani adalah menentukan jumlah tanaman kopi tradisional yang harus dikonversi menjadi kopi sambung, yang diasumsikan dimulai pada waktu setelah panen kopi tradisional kedua pada tahun berikutnya. Kendala atau batasan pada permasalahan ini adalah biaya bibit, biaya pupuk, upah yang dikeluarkan untuk mempekerjakan buruh, biaya pestisida dan jumlah populasi tanaman kopi.

Perumusan model linier dimulai dengan mendefinisikan variabel, yaitu x_i menyatakan jumlah pohon kopi tradisional yang dikonversi menjadi kopi sambung pada tahun $(i-1)$ selama 5 tahun ke depan, untuk $i = 1,2,3,4,5,6$. Dari permasalahan dan kendala yang ada, diperoleh model program linier berikut:

$$\text{Maks } Z = 30000 + 28x_1 + 22x_2 + 16x_3 + 10x_4 + 4x_5 - 2x_6$$

Subject to:

$$\begin{aligned} 2000x_1 + 2000x_2 + 2000x_3 + 2000x_4 + 2000x_5 &\geq 2800000 \\ 322x_1 + 322x_2 + 322x_3 + 322x_4 + 322x_5 &\geq 330000 \\ 50000x_1 + 50000x_2 + 50000x_3 + 50000x_4 + 50000x_5 &\geq 3750000 \\ 40x_1 + 40x_2 + 40x_3 + 40x_4 + 40x_5 &\geq 50000 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &= 2500 \\ x_i &\geq 0; i = 1,2,3,4,5,6 \end{aligned}$$

Solusi Model Program Linier

Solusi untuk model program linier pada persoalan kopi sambung diperoleh dengan menggunakan metode big-M dan program LINDO. Dengan menggunakan metode big-M, solusi optimal diperoleh setelah iterasi keenam. Solusi optimal dari metode Big-M diperlihatkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Tabel Optimal Persoalan Kopi Sambung

V VB	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	e ₁	e ₂	e ₃	e ₄	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	a ₅	RHS
W	0	6	12	18	24	2	0	0	0	0	M	M	M	M	28+M	30818,2
e ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	40	50024,2
e ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	50009,6	121294617, 3
x ₁	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2500
e ₂	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	322,1	475284,5
e ₁	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-1	0	0	0	2000	2201301,4

Tabel 1 memperlihatkan solusi yang optimal dengan $x_1 = 0$, selainnya nol sehingga diperoleh $Z = 100000$ dari perhitungan $Z - 30000 = 70000$.

Sementara itu, solusi program linier dengan menggunakan program LINDO juga memperlihatkan hasil optimal yang sama. Hasil output dari program LINDO adalah sebagai berikut:

```

MAX      28 X1 + 22 X2 + 16 X3 + 10 X4 + 4 X5 - 2 X6
SUBJECT TO
2)      2000 X1 + 2000 X2 + 2000 X3 + 2000 X4 + 2000 X5 >= 2800000
3)      322 X1 + 322 X2 + 322 X3 + 322 X4 + 322 X5 >= 330000
4)      50000 X1 + 50000 X2 + 50000 X3 + 50000 X4 + 50000 X5
>= 3750000
5)      40 X1 + 40 X2 + 40 X3 + 40 X4 + 40 X5 >= 50000
6)      X1 + X2 + X3 + X4 + X5 = 2500
END

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      1

      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)      70000.00

      VARIABLE           VALUE           REDUCED COST
      X1      2500.000000           0.000000
      X2           0.000000           6.000000
      X3           0.000000          12.000000
      X4           0.000000          18.000000
      X5           0.000000          24.000000
      X6           0.000000           2.000000

      ROW      SLACK OR SURPLUS      DUAL PRICES
2)      2200000.000000           0.000000
3)      475000.000000           0.000000
4)      121250000.000000          0.000000
5)           50000.000000          0.000000
6)           0.000000           28.000000

NO. ITERATIONS=      1
    
```

Solusi optimal yang diperoleh dengan metode big-M dan program LINDO adalah pada tahun pertama kopi tradisional dikonversi menjadi kopi sambung semua, dengan tahun pertama tanaman kopi sambung tidak akan berproduksi. Tanaman kopi sambung akan berproduksi setelah satu tahun dari awal mulai tanaman dikonversi. Jadi, dengan mengkonversi semua tanaman kopi tradisional menjadi kopi sambung pada tahun satu sebanyak 2500 maka akan diperoleh hasil produksi selama 5 tahun ke depan sebanyak 100.000 kg kopi basah dan menyusut kurang lebih menjadi 50.000 kg kopi kering. Hasil produksi dari model program linier ini jauh lebih banyak jika dibandingkan dengan produksi kopi sambung selama ini yaitu 64.800 kg kopi basah dan 32.400 kopi kering. Hal ini memperlihatkan bahwa pendekatan model linier untuk optimasi produksi kopi sambung relatif tepat digunakan agar hasil produksi kopi sambung optimal.

Analisis Sensitivitas Produksi Kopi Sambung

Selanjutnya, dari hasil output solusi optimal persoalan kopi sambung tersebut akan dilakukan analisis jika terjadi perubahan terhadap data. Analisis yang dilakukan terhadap solusi optimal untuk mendapatkan informasi tambahan yang berguna tersebut dikenal dengan analisis post-optimal. Analisis post-optimal (disebut juga analisis pasca optimal atau analisis setelah optimal, atau analisis kepekaan dalam suasana ketidaktahuan) merupakan suatu usaha untuk mempelajari nilai-nilai dari peubah-

peubah pengambilan keputusan dalam suatu model matematika jika satu atau beberapa atau semua parameter model tersebut berubah atau menjelaskan pengaruh perubahan data terhadap penyelesaian optimal yang sudah ada. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengkaji bagaimana perubahan data mungkin mengubah penyelesaian program linier, misalnya bagaimana perubahan biaya produksi atau permintaan bisa memperngaruhi jadwal produksi (Winston, 2004).

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menganalisis dampak yang terjadi pada solusi optimal terhadap perubahan-perubahan yang terjadi pada koefisien-koefisien batasan model maupun koefisien pada fungsi tujuan. Pada dasarnya perubahan-perubahan yang mungkin terjadi setelah dicapainya penyelesaian optimal terdiri dari beberapa macam, yakni: (1) koefisien-koefisien fungsi tujuan, (2) koefisien-koefisien teknis fungsi-fungsi batasan, yaitu koefisien-koefisien yang menunjukkan beberapa bagian kapasitas sumber yang dikonsumsi oleh satuan kegiatan, (3) keterbatasan kapasitas sumber, yaitu nilai kanan fungsi-fungsi batasan, (4) penambahan variabel-variabel baru, dan (5) penambahan batasan baru.

Secara umum, perubahan-perubahan tersebut di atas akan mengakibatkan salah satu di antaranya: (1) penyelesaian optimal tidak berubah, artinya baik variabel-variabel dasar maupun nilai-nilainya tidak mengalami perubahan, (2) variabel-variabel dasar mengalami perubahan, tetapi nilai-nilainya tidak berubah, (3) penyelesaian optimal sama sekali berubah.

Analisis sensitivitas dari model program linier kopi sambung dilakukan setelah solusi optimal diperoleh. Proses analisis sensitivitas ini dilakukan dengan program LINDO. Dari output yang diperoleh, kemungkinan-kemungkinan perubahan pada saat tahap optimal telah tercapai dilakukan pada koefisien fungsi tujuan dan koefisien sisi kanan. Hasil analisis sensitivitas terhadap solusi program linier kopi sambung diperlihatkan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Analisis Sensitivitas pada Solusi Program Linier Produksi Kopi Sambung

1. Objective Coefficient Ranges			
Variabel	Current Coef	Allowable Increase	Allowable Decrease
x ₁	28	Infinity	6
x ₂	22	6	Infinity
x ₃	16	12	Infinity
x ₄	10	18	Infinity
x ₅	4	24	Infinity
x ₆	-2	2	Infinity
2. Righthand Side Ranges			
Baris	Current RHS	Allowable Increase	Allowable Decrease
2	2800000	2200000	Infinity
3	330000	475000	Infinity
4	3750000	121250000	Infinity
5	5000	50000	Infinity
6	2500	Infinity	1100

Tabel 3 memperlihatkan hasil analisis sensitivitas pada solusi optimal model program linier produksi kopi sambung. Kemungkinan-kemungkinan perubahan pada saat tahap optimal telah tercapai dilakukan pada dua hal, yaitu (1) Perubahan pada koefisien-koefisien fungsi tujuan dan (2) Perubahan nilai kanan fungsi batasan. Rentang yang diperlihatkan merupakan batasan perubahan nilai koefisien yang boleh dilakukan baik penambahan atau pengurangan nilai dimana perubahan tersebut tetap mempertahankan atau tidak merubah solusi optimal.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa solusi optimal diperoleh dengan mengkonversi semua pohon kopi tradisional menjadi kopi sambung pada tahun pertama. Kemudian dengan menggunakan analisis sensitivitas terlihat bahwa perubahan koefisien pada fungsi tujuan dan perubahan nilai pada sisi kanan untuk rentang tertentu memperlihatkan bahwa solusi masih tetap optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminudin. 2005. *Prinsip-Prinsip Riset Operasi*. Jakarta: Erlangga
- BPS Propinsi Bengkulu. 2012. *Bengkulu Dalam Angka 2012*. Bengkulu
- Juprianto, A. 2015. *Pemodelan Program Linier Untuk Optimasi Produksi Kopi Sambung Di Desa Kepala Curup Kecamatan Binduriang Kabupaten Rejang Lebong Bengkulu*. (Skripsi). Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Karo, H.S. 2010. *Analisis Usahatani Kopi Di Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Karo*. Medan. Departemen Agribisnis Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Kurniawan, I. 2011. *Meninggalkan Cara Lama, Beralih ke Kopi Sambung*. (Online) (<http://ekonomi.kompasiana.com/agrobisnis/2011/10/12/meninggalkan-cara-lama-beralih-ke-kopi-sambung-402782.html>, diakses 24 Februari 2015)
- Pangestu, S., Asri, M., & Handoko, H.T. 1983. *Dasar-Dasar Operations Research*. Yogyakarta: BPF
- Winston, W.L., 2004. *Operations Research, Application and Algorithm*. Third Edition. California: Indiana University