

# MODEL KETERPADUAN JADUAL TANAM DAN TEBANG TEBU: PENDEKATAN KOMPROMI

Wayan R. Susila<sup>1)</sup> dan M. Parulian Hutagaol<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Ahli Peneliti Utama pada Lembaga Riset Perkebunan Indonesia, Bogor

<sup>2)</sup>Dosen Departemen Ilmu Ekonomi FEM dan Pascasarjana Institut Pertanian Bogor

## ABSTRACT

*One of the main problems causing a setback of Indonesian sugar industry is inefficiency in farm and plant levels because of lack of integrated production system. In response to this problem, this study is aimed at building a model of integrated production systems between farm and sugar plant activities through an integrated planting and harvesting schedule. The approach used is a compromise approach using a multi party multi objective (MPMO) models. The results of this study show that productivity in farm and sugar plant can be improved by developing an integrated production system through an integrated planting and harvesting schedule. With supervisions and model modification, the MPMO model can be applied, especially for sugar plantation in Java.*

*Keywords : Sugar Industry, MPMO Model, Tebu, Model Kompromi*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Pada dekade terakhir (1991-2001), industri gula Indonesia mulai menghadapi berbagai masalah yang signifikan. Salah satu penyebab kemunduran industri gula nasional adalah inefisiensi di tingkat usahatani dan di tingkat PG. Tingkat produktivitas tebu/ha yang dicapai oleh perkebunan rakyat yang pangsa produksinya sekitar 68% adalah sekitar 4-5 Ton gula/ha, jauh di bawah 13 Ton gula/ha (PT Perkebunan Nusantara XI, 2000).

Disamping masalah teknik budidaya yang belum optimal, salah satu penyebab rendahnya efisiensi yang tercermin dari rendahnya produktivitas dan rendemen adalah belum adanya sistem keterpaduan sistem produksi antara petani yang memproduksi tebu dengan PG. Hal ini tercermin dari belum terpadunya jadwal tanam dan tebang/giling antara petani dan PG (Adisasmito, 1998; Woeryanto 2000; Murdiyatmo, 2000). Karena keterbatasan kapasitas pabrik dan pada masa puncak produksi, masa tebang optimum sering menjadi rebutan antara pihak PG dengan petani dan antar petani. Di sisi lain, belum terpadunya jadwal tanam dan tebang juga menyebabkan inefisiensi di tingkat pabrik (17 dari 50 PG) karena tidak mencapai

kapasitas minimum atau minimum hari giling (Arifin, 2000). Hal ini terjadi karena kelemahan perencanaan, baik ketika masa penanaman maupun penebangan (Adisasmito, 1998). Situasi ini menimbulkan saling curiga antara petani dengan PG, khususnya yang berkaitan dengan rendemen.

Masalah lain penyebab kemunduran industri gula Indonesia adalah bahwa setiap perencanaan seperti perencanaan tanam dan tebang, petani tidak dilibatkan secara optimal (Soentoro Dan Sudaryanto, 1996; Suprihatini, 1998; Adisasmito, 1998; Woeryanto, 2000). Pendekatan yang kurang partisipatif tersebut menyebabkan berbagai kebijakan yang telah dikeluarkan pemerintah tidak mempunyai kekuatan yang mengikat, khususnya bagi petani.

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah tersebut, maka tujuan umum penelitian ini adalah menyusun alternatif keterpaduan sistem produksi melalui jadwal tanam dan tebang/giling terpadu antara petani dan PG. Metode analisis yang digunakan sedapat mungkin memberi

ruang partisipasi bagi pihak-pihak yang berkepentingan sehingga didapatkan solusi kompromi.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat studi kasus dengan mengambil lokasi PG kebon Agung, Malang Jawa Timur. Pemilihan lokasi ini didasari pertimbangan bahwa Kebon Agung merupakan salah satu wilayah yang cukup representatif mewakili situasi masalah yang akan dianalisis, yaitu berlokasi di Jawa dan adanya masalah dalam jadwal tanam dan tebang.

### Formulasi Model

Penentuan jadwal tanam dan tebang, aspirasi dari pihak-pihak yang berkepentingan seyogyanya diberi ruang yang lebih leluasa. Hal ini dapat diwujudkan bila kerangka analisis yang digunakan secara eksplisit memasukan proses negosiasi/partisipasi dalam penentuan keputusan tersebut (Contreras, 1985; Bare Dan Mendoza, 1980). Metode analisis atau pendekatan dengan fenomena dimana melibatkan banyak pihak yang berkepentingan dengan masing-masing tujuan tersebut dikenal sebagai kelompok *Multy Party Multy Objective Mathematical Programing Model* (MPMO). Pendekatan ini antara lain sudah mulai dikembangkan di Filipina sejak akhir tahun 1970-an (Bare *et al.* 1979; Bare dan Mendoza, 1980; Contreras, 1985).

Dalam menyusun atau mengembangkan model MPMO, maka ada lima tahapan yang umum ditempuh sebagai berikut:

1. Identifikasi pihak-pihak yang berkepentingan atau kelompok (*interest groups*);
2. Identifikasi kepentingan atau tujuan (*objectives*) masing-masing kelompok;
3. Identifikasi sumberdaya atau kendala dalam pencapaian tujuan;
4. Formulasi model riset operasi: *Multy Party - Multy Objective Model*;
5. Pencarian solusi kompromi (*compromise solution*) dari model.

Sesuai dengan tahapan penyusunan model MPMO untuk tingkat usahatani dan PG, maka tahap pertama adalah identifikasi kelompok yang mempunyai kepentingan terhadap industri gula. Dalam penelitian

ini, kelompok yang mempunyai kepentingan terdiri dari (1) petani tebu, (2) pabrik gula, (3) penebang; dan (4) pemerintah. Secara garis besar, perumusan fungsi tujuan masing-masing pihak dirumuskan sebagai berikut.

### Fungsi Tujuan

Tujuan utama petani adalah memaksimalkan tingkat pendapatan rata-rata mereka yang dalam hal ini diukur dengan *Gross Margin*. Karena ada perbedaan yang signifikan antara petani yang mengelola tanaman baru (PC) dengan petani yang mengusahakan tanaman keprasan, maka fungsi tujuan petani dibedakan menjadi dua kelompok yaitu fungsi tujuan untuk petani yang mengelola tanaman keprasan dan fungsi tujuan untuk petani yang mengelola tanaman PC

Fungsi tujuan petani yang mengelola tanaman PC (ZFPC) dan yang mengelola keprasan (ZFRT) masing-masing sebagai berikut:

$$\text{Max ZFPC} = \text{pfgsc} * \text{QFPCS} - \text{TCFPC} \quad (1)$$

$$\text{Max ZFRT} = \text{pfgsc} * \text{QFRTS} - \text{TCFRT} \quad (2)$$

DIMANA:

ZFPC = *gross margin* petani yang mengelola PC

ZFRT = *gross margin* petani yang mengelola keprasan

QFPCS = bagian produksi gula petani yang mengelola PC

QFRTS = bagian produksi gula petani yang mengelola keprasan

TCFPC = total biaya produksi untuk petani yang mengelola PC

TCFPC = Total biaya produksi untuk petani yang mengelola keprasan

pfgsc = Harga gula yang diterima petani/PG

Perusahaan gula juga diasumsikan mempunyai tujuan memaksimalkan *gross margin* yang bersumber dari pengolahan tebu petani (bagi hasil) serta *gross margin* dari produksi gulanya.

$$\text{Maks ZPG} = \text{pfgsc} * \text{TQPG} - \text{TCPG} \quad (3)$$

dimana:

ZPG = gross margin PG

TQPG = total gula PG (produksi PG ditambah bagi hasil dengan petani)

TCPG = total biaya yang dikeluarkan PG

pfpsc = harga di tingkat petani

Penebang sebagai salah satu pihak yang berperan penting dalam penentuan mutu tebu diasumsikan memaksimumkan penerimaannya sebagai berikut:

$$\text{Maks ZSZ} = w * \text{TQSC} \quad (4)$$

dimana:

ZSZ = penerimaan dari penebang

w = upah tebang

TQSC = total produksi tebu

Pemerintah pusat dan daerah diasumsikan mempunyai tiga tujuan utama yaitu maksimisasi produksi gula (persamaan 4.36), maksimisasi lapangan kerja (persamaan 4.37), peningkatan penerimaan pemerintah dari pajak (persamaan 4.38).

Max Produksi:

$$\text{ZGQ} = \text{TQSC} \quad (5)$$

Max Tenaga Kerja:

$$\text{ZGE} = 2.0 (\text{AFPC} + \text{APGPC}) + 1.2 (\text{AFRT} + \text{APGRT}) \quad (6)$$

Max Penerimaan Pemerintah:

$$\text{ZGRV} = \text{PPn} * \text{QPG} \quad (7)$$

DIMANA :

ZGQ = produksi gula Indonesia (Ton)

QPG = total produksi gula

ZGE = jumlah tenaga kerja

ZGKV = penerimaan pemerintah

## Kendala

Secara garis besar ada enam kelompok kendala yaitu kelompok kendala lahan (6 kendala), kendala ketersediaan traktor (6 kendala), kendala tenaga tebang (10 kendala), kendala jadwal tebang dan giling (21 kendala), kendala perhitungan produksi tebu (7), kendala produksi gula (7), kendala bagi hasil (3), dan kendala perhitungan biaya (6). Dengan demikian, ukuran model adalah 7 tujuan dengan 67 kendala.

Kendala lahan pada dasarnya terdiri dari kendala lahan secara total, kendala lahan untuk petani dan kendala lahan untuk PG.

Kendala Lahan Total:

$$\text{TAF} + \text{TAPG} \leq \text{ta} \quad (8)$$

DIMANA:

TAF = total areal tebu rakyat

TAPG = total areal tebu PG

ta = ketersediaan lahan untuk tebu di wilayah PG

Dengan kerangka berfikir bahwa suatu areal tebu ditanam pada bulan ke i dan ditebang/digiling pada bulan ke j, maka setiap komponen areal dapat diterjemahkan sebagai areal yang ditanam pada bulan ke i dan ditebang bulan ke j (aij). Karena adanya perbedaan produktivitas dan biaya produksi antara tanaman PC dengan keprasan, maka areal tanaman dibedakan menjadi areal tanaman PC dan areal tanaman keprasan. Dengan demikian kendala lahan untuk petani diformulasikan seperti persamaan (4.41).

$$\text{AFPCij} + \text{AFRTij} \leq \text{taf} \quad (9)$$

$$\text{AFPCij} + \text{AFRTij} - \text{TAF} = 0 \quad (10)$$

dengan ketentuan :

$$i = 1, 2, \dots, 6 \quad (a)$$

$$j = 1, 2, \dots, 9 \quad (b)$$

$$i \neq j \quad (c)$$

$$j - i \leq 6 \quad (d)$$

dimana:

taf = ketersediaan lahan petani

AFPCij = areal tebu PC rakyat yang ditanam pada bulan i dan ditebang bulan ke j

AFRTij = areal tebu keprasan rakyat yang ditanam pada bulan i dan ditebang bulan ke j

Ketentuan (a) dan (b) masing-masing menunjukkan adanya enam bulan tanam (mei sampai dengan oktober) dan sembilan bulan giling (April sampai dengan Desember). Ketentuan (c) untuk menjamin bahwa umur tebu yang panen minimal 11 bulan sedangkan ketentuan (d) mengatakan bahwa umur tebu yang dipanen maksimum 17 bulan.

Sejalan dengan formulasi kendala areal tebu rakyat, kendala areal tebu untuk PG baik yang dikelola BUMN maupun swasta diformulasikan seperti persamaan (4.43).

$$\sum_i \sum_j APGPCij + APGRTij \leq TaPG \quad (11)$$

$$APGPCij + APGRTij - TAPG = 0 \quad (12)$$

dimana :

APGPCij = areal tebu PC milik PG yang ditanam pada bulan i dan ditebang bulan ke j

APGRTij = areal tebu keprasan milik PG yang ditanam pada bulan i dan ditebang bulan ke j

TAPG = total areal tebu milik PG.

TaPG = ketersediaan lahan untuk PG

Sesuai dengan jumlah bulan tanam, maka ada enam kendala ketersediaan alat mekanis ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ). Dengan asumsi kebutuhan tenaga traktor adalah 0.5 hari kerja traktor per ha dan ketersediaan traktor adalah tm per bulan, maka keenam kendala ketersediaan traktor dirumuskan seperti persamaan (13) dimana tm adalah ketersediaan/kapasitas alat mekanis di PG.

$$0,5(APGPCij) \leq tm \quad (13)$$

Ketersediaan tenaga penebang merupakan salah satu kendala dalam industri gula Indonesia. Sesuai dengan jumlah bulan tebang, maka ada 10 kendala bulan tebang yang direpresentasikan oleh persamaan (14).

$$ktb(AFPCij + AFRTij + APGPCij + APGRTij) \leq TKtb \quad (14)$$

dimana :

ktb = kebutuhan tenaga untuk tebang (orang/ha)

TKtb = ketersediaan tenaga tebang (orang/bulan)

Sesuai dengan jumlah bulan tebang/giling, maka terdapat dua puluh kendala tebang dan giling yaitu sepuluh kendala untuk kapasitas minimum (persamaan 15) dan sepuluh kendala untuk kapasitas maksimum (16). Seperti terlihat pada kedua persamaan tersebut, maka kapasitas minimum dan maksimum bervariasi antar PG.

$$(PCY*(AFPCij + APGPCij)) + (RTY*(AFRTij + APGRTij)) \leq Kmin \quad (15)$$

$$(PCY*(AFPCij + APGPCij)) + (RTY*(AFRTij + APGRTij)) \leq Kmax \quad (16)$$

dimana :

kg = kecepatan kapasitas giling pabrik untuk tebu PC (Ton/bulan)

Kmin = kapasitas giling minimum (ton/bulan)

Kmax = kapasitas giling maksimum (ton/bulan)

PCY = produktivitas areal tebu PC (ton/ha)

RTY = produktivitas areal tebu keprasan (ton/ha)

Kendala lain berkaitan dengan kapasitas pabrik adalah jumlah hari giling minimum yang diperkirakan adalah 150 hari giling/tahun atau setara dengan dengan 5 bulan giling/tahun.

$$QSCT \geq 5 * Kmin \quad (17)$$

dimana :

QSCT = total produksi tebu (ton)

kendala lain yang perlu dirumuskan adalah kendala atau persamaan untuk menghitung produksi tebu masing-masing untuk petani dan PG yang masing-masing memiliki tebu PC dan tebu keprasan.

Produksi Tebu Petani Dengan Tanaman PC

$$QSCFPC - PCY * AFPCij = 0 \quad (18)$$

Produksi Tebu Petani Dengan Tanaman Keprasan

$$QSCFRT - RTY * AFRTij = 0 \quad (19)$$

Produksi Tebu PG Dengan Tanaman PC

$$QSCPGPC - PCY * APGPCij = 0 \quad (20)$$

Produksi Tebu PG Dengan Tanaman Keprasan

$$QSCPGRT - RTY * APGRTij = 0 \quad (21)$$

dimana :

$$QCSFPC = \text{produksi tebu petani dari areal PC (Ton)}$$

$$QCSFRT = \text{produksi tebu petani dari areal keprasan (Ton)}$$

$$QCSPGPC = \text{produksi tebu PG dari areal PC (Ton)}$$

$$QCSPGRT = \text{produksi tebu PG dari areal keprasan (Ton)}$$

Total produksi tebu untuk petani, PG, total produksi tebu diformulasikan seperti persamaan berikut.

$$QCSFPC + QCSFRT - QCSF = 0 \quad (22)$$

$$QSPGPC + QCSPGRT - QCSPG = 0 \quad (23)$$

$$QCSF + QCSPG - TQCS = 0 \quad (24)$$

dimana :

$$QCSF = \text{total produksi tebu petani (ton)}$$

$$QCSPG = \text{total produksi tebu PG (ton)}$$

$$TQCS = \text{total produksi tebu dalam suatu unit (ton)}$$

Produksi gula dihitung berdasarkan rendemen dikalikan dengan produksi tebu.

Produksi Gula Petani Dengan Tanaman PC (QFPC, ton)

$$QFPC = AFPCij * hij \quad (25)$$

Produksi Gula Petani Dengan Tanaman Keprasan

(QFRT, ton)

$$QFRT = AFRTij * hij \quad (26)$$

Produksi Gula PG Dari Tanaman PC (QPGPC, ton)

$$QPGPC = APGPCij * hij \quad (27)$$

Produksi Gula PG Dari Tanaman Keprasan (QPGRT, ton)

$$QPGRT = APGRTij * hij \quad (28)$$

Total produksi gula petani (TQF), gula PG (QPG), dan produksi total petani dengan PG (TQSC) diformulasikan seperti persamaan berikut:

$$QFPC + QFRT - TQF = 0 \quad (29)$$

$$QPGPC + QPGRT - QPG = 0 \quad (30)$$

$$TQF + TQPG - TQSC = 0 \quad (31)$$

Berdasarkan kesepakatan antara petani dan PG, sistem bagi hasil yang berlaku sekarang adalah bahwa bagian gula petani adalah 65% dari produksi, sedangkan sisanya adalah milik pabrik sebagai biaya pengolahan. Dengan demikian, bagian gula petani diformulasikan seperti persamaan berikut :

Bagian Gula Petani Dengan Tanaman Tebu PC (QFPCS, Ton)

$$0,65QFPC - QFPCS = 0 \quad (32)$$

Bagian Gula Petani Dengan Tanaman Tebu Keprasan (QFRTS, Ton)

$$0,65QFRT - QFRTS = 0 \quad (33)$$

Total Gula Yang Dimiliki PG (TQPG, Ton)

$$QPG + 0,35QFPC + 0,35QFRT - TQPG = 0 \quad (34)$$

Total produksi gula PG terdiri dari gula yang diperoleh dari tanaman PC, gula dari tanaman keprasan, dan gula yang diperoleh dari bagi hasil (biaya pengolahan) dari petani.

Formulasi persamaan selanjutnya adalah persamaan-persamaan yang berkaitan dengan perhitungan biaya.

Biaya yang dikeluarkan petani dengan tanaman PC (TCFPC, Rp Juta)

$$(INPC * AFPC) + (SZC * QCSFPC) - TCFPC = 0 \quad (35)$$

Biaya Yang Dikeluarkan Petani Dengan Tanaman Keprasan (TCFRT, Rp Juta)

$$(INRT * AFRT) + (SZC * QCSFRT) - TCFRT = 0 \quad (36)$$

dimana :

INPC= biaya usahatani untuk tanaman PC

INRT= biaya usahatani untuk tanaman keprasan

SZC= biaya tebang dan angkut

Biaya Yang Dikeluarkan PG Dengan Tanaman PC (TCPGPC, Rp Juta)

$$(INPC * APGPC) + (SZC * QCSPGPC) - TCPGPC = 0 \quad (37)$$

Biaya Yang Dikeluarkan PG Dengan Tanaman Keprasan (TCPGRT, Rp Juta)

$$(INRT * APGRT) + (SZC * QCSPGRT) - TCPGRT = 0 \quad (38)$$

Biaya Yang Dikeluarkan PG Untuk Pengolahan Tebu Menjadi Gula (PRC, Rp Juta)

$$KPC * (TQF + QPG) - PRC = 0 \quad (39)$$

dimana :

KPC = biaya pengolahan

Total Biaya Yang Dikeluarkan PG (TCPG, Rp Juta)

$$TCPGPC + TCPGRT + PC - TCPG = 0 \quad (40)$$

Salah satu model dasar untuk kebun bunga mayang dan kebon agung secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 3 Dan Lampiran 4.

#### 4.4.2. Pencarian Solusi Kompromi dari Model

Solusi terhadap masalah yang diformulasikan menggunakan prosedur step/stem. Tahap pertama adalah mencari solusi optimal untuk masing-masing kelompok/tujuan dan tahap kedua adalah tahap negosiasi/kompromi diantara kelompok yang

berkepentingan. Setelah proses negosiasi, solusi kompromi baru dicari kembali dan selanjutnya dinegosiasikan kembali. Proses ini terus diulang sampai semua pihak sepakat dengan solusi yang diperoleh dan hal ini diharapkan dapat menangkap aspek politik/negosiasi antar pihak-pihak yang berkepentingan. Oleh karena itu, hasil solusi jarang disebut sebagai *optimal solution*, tetapi lebih sesuai disebut *compromise* atau *satisfying solution*.

Secara ringkas, tahapan prosedur tersebut adalah sebagai berikut:

Step 1. Cari solusi optimal untuk masing-masing tujuan secara independen terhadap tujuan lain dan susun tabel *pay-off* seperti Tabel 1.

Tabel 1 Tabel *Pay-off* Masalah *Multi-objective Multi-Party*

GROUP OBJECTIVE				
	Z <sub>11</sub> Z <sub>12</sub> ... Z <sub>1p<sub>1</sub></sub>	Z <sub>21</sub> Z <sub>22</sub> ... Z <sub>2p<sub>1</sub></sub>	...	Z <sub>r1</sub> Z <sub>r2</sub> ... Z <sub>rp<sub>1</sub></sub>
Group 1				
X <sub>11</sub>				
X <sub>12</sub>				
.				
.				
X <sub>1p<sub>1</sub></sub>				
Group 2				
X <sub>21</sub>				
X <sub>22</sub>				
.				
.				
X <sub>2p<sub>1</sub></sub>				
.				
.				
.				
Group r				
X <sub>r1</sub>				
X <sub>r2</sub>				
.				
.				
X <sub>rp<sub>1</sub></sub>				

Step 2. Hitung nilai  $\pi_{ij}$  untuk  $i = 1, 2, \dots, r$  dan  $j = 1, 2, \dots, p$  dengan menggunakan formula berikut:

$$\pi_{ij} = \frac{|M_{ij} - n_{ij}|}{M_{ij}} \sum_{k=1}^n (C_{ijk}^2)^{-1/2} \dots\dots\dots(41)$$

Step 3. Hitung  $D_{ij}$  dengan formula berikut:

$$\pi_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^p \alpha_{ij}} \dots\dots\dots(42)$$

Kemudian, dicari solusi dengan formulasi masalah berikut:

$$\text{Minimisasi } D_0 = d^0$$

Dengan kendala  $X \hat{=} Fd_q$  di mana  $Fd_q$  yang didefinisikan sebagai berikut

- a. Untuk maksimisasi:  $P_{ij} (M_{ij} - [C_{ijk}][X_k]) - d^0 \leq 0$
- b. Untuk minimisasi:  $P_{ij} ([C_{ijk}][X_k] - M_{ij}) - d^0 \leq 0$
- c. Kendala Umum  $[A_i][X_k] \leq B_i \quad X_k \geq 0 \quad k=1, 2, \dots, n$

$X_{ij}$  adalah nilai fungsi tujuan yang diperoleh dengan mengoptimalkan tujuan ke-j kelompok ke-i. Kemudian hitung nilai  $M_{ij}$  yaitu nilai maksimum dan minimum  $\pi_{ij}$  dari setiap kolom (kasus maksimisasi).

Step 4. Hitung setiap nilai  $Z_{ij}$  untuk setiap  $X_k$  hasil solusi pada step 3. Tunjukkan hasil solusi ini pada kelompok-kelompok yang berkepentingan.

- a. Jika semua kelompok puas dengan solusi tersebut, maka solusi kompromi telah tercapai.
- b. Jika paling tidak ada satu kelompok belum puas dan ada paling tidak satu kelompok mau berkorban, maka proses dilanjutkan ke langkah 5.
- c. Jika ada satu kelompok belum puas tetapi tidak ada satu kelompok yang mau berkorban, maka solusi kompromi tidak tercapai.

Step 5. Jika ada kelompok yang mau mengorbankan tujuannya, maka didefinisikan  $DZ^*_{ij}$  yang merupakan besarnya tujuan  $Z_{ij}$  yang boleh dikorbankan.

Step 6. Wilayah solusi baru  $Fd_{q+1}$  didefinisikan sebagai berikut:

- a.  $X \hat{=} Fd_q$
- b. Untuk maksimisasi  $[C_{ijk}][X_k] > Z^a_{ij}$  untuk semua  $Z_{ij}$ , bukan  $Z^*_{ij}$
- c. Untuk minimisasi  $[C_{ijk}][X_k] \leq Z^a_{ij}$  untuk semua  $Z_{ij}$  bukan  $Z^*_{ij}$
- d. Untuk tujuan maksimisasi  $[C_{ijk}][X_k] \leq Z_{qij} - Z^*_{ij}$  untuk semua  $Z^*_{ij}$ ;
- e. Untuk tujuan minimisasi  $[C_{ijk}][X_k] \leq Z_{qij} + Z^*_{ij}$  untuk semua  $Z_{ij}$

$Z^*_{ij}$  tujuan yang dikorbankan;

$Z^a_{ij}$  nilai fungsi tujuan ke-j, kelompok ke-i, iterasi ke q;

$X \hat{=} Fd_q$  kendala seperti sebelumnya dengan penyesuaian seperti ditunjukkan dalam nilai  $P_{ij}$  seperti step 7.

Perlu ditambahkan bahwa kendala b dan c menjamin asumsi *non-inferiority* sedangkan kendala d dan e menjamin asumsi *pareto optimal*.

Step 7. Tetapkan  $D_{ij} = 0$  untuk  $Z^*_{ij}$  dan lanjutkan ke step 3. Hitung kembali  $D_{ij}$  dan tingkatan q sebesar 1.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Model dasar MPMO untuk Kebon Agung yang diwakili oleh model petani PC yang memaksimumkan keuntungan disajikan pada lampiran 1. Setelah model dasar dikembangkan, maka dilakukan optimasi untuk masing-masing tujuan yang di-run secara terisah. Ringkasan dari proses tersebut disajikan dalam bentuk matriks *pay-off* seperti tertera pada Tabel 2. Terlihat adanya perbedaan maupun persamaan antar pihak yang berkepentingan. Sebagai contoh adalah persaingan kepentingan antara petani keprasan dengan pihak PG. Jika kepentingan petani keprasan harus dimaksimumkan yang mencapai Rp 44.413 miliar, maka

tingkat pencapaian tujuan PG hanya Rp. 7.913 miliar. Sebaliknya, jika pencapaian fungsi tujuan PG harus dimaksimalkan (Rp12.802 miliar), maka pencapaian fungsi tujuan petani keprasan hanya Rp 32.760 miliar.

Berdasarkan matriks *pay-off* dan mengikuti langkah (2) dan langkah (3) dari metode step maka diperoleh optimasi tahap i. Informasi pertama yang dapat diambil dari optimasi tahap i adalah jadwal tanam dan tebang yang secara lengkap disajikan pada Susila (2005). Pada Tabel 3 disajikan jadwal tanam dan tebang untuk petani dengan tanaman tebu keprasan sebagai contoh. Secara umum jadwal tanam petani keprasan tersebar pada bulan juni, agustus, september, dan Oktober. Di sisi lain, jadwal tebang juga tersebar pada pada semua

bulan tebang, kecuali April dan Juni. Secara keseluruhan, areal tebu petani keprasan adalah 7411 ha.

Beberapa informasi yang terkait dengan jadwal tanam dan tebang tersebut disajikan pada Tabel 4. Total areal untuk petani adalah 9881 ha yang terdiri dari 2470 tanaman PC dan 7411 tanaman keprasan. Di sisi lain, total areal tanaman tebu PG hanya 194 ha yang keseluruhannya adalah tanaman keprasan. Selanjutnya, total produksi gula petani adalah 40939 Ton gula dengan produktivitas berkisar antara 4.06-4.14 Ton gula/ha. Produktivitas kebun PG yang mencapai 4.85 Ton gula/ha, sedikit lebih tinggi dari yang dihasilkan petani.

Tabel 2 .Matriks *Pay-Off* untuk Pihak-Pihak di PG Kebon Agung

Tujuan Yang Dimaksimalkan	Nilai Fungsi Tujuan (Rp juta)						
	ZFPC	ZFRT	ZPG	ZSZ	ZGQ	ZGE	ZGRV
Petani PC	16491	23233	7913	21619	42777	10720	0
Petani Keprasan	0	44413	7913	20152	42777	8956	0
Pabrik Gula	0	32760	12802	20152	39542	9096	1292
Penebang	6809	29066	7913	23409	42777	11588	0
Pemerintah : Produksi	6299	33345	7913	21656	41777	10720	0
Pemerintah : Lapangan Kerja	6809	29066	7913	23409	42777	11588	0
Pemerintah : Penerimaan	7279	21710	11646	20152	38398	10169	1305

Keterangan :

ZFPC: Nilai fungsi tujuan petani PC

ZFRT: Nilai fungsi tujuan petani RT

ZPG : Nilai fungsi tujuan PG

ZSZ : Nilai fungsi tujuan penebang

ZGQ : Nilai fungsi tujuan pemerintah untuk maksimisasi produksi

ZGE : Nilai fungsi tujuan pemerintah untuk maksimisasi lapangan kerja

ZGRE: Nilai fungsi tujuan pemerintah untuk maksimisasi penerimaan

Tabel 3. Jadwal Tanam dan Tebang/Giling Petani Tanaman Keprasan, di Kebon Agung

Tanam	Tebang/Giling										Total
		April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mei	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juni	2	0	1388	0	0	0	0	0	0	0	1388
Juli	3	0	0	0	0	0	0	0	0	801	801
Agustus	4	0	0	0	1388	0	0	0	0	0	1388
September	5	0	0	0	0	831	0	0	0	0	831
Oktober	6	0	0	0	0	0	1012	996	995	0	3003
Total		0	1388	0	1388	831	1012	996	995	801	7411

Ditinjau dari *gross margin* per ha, petani PC relatif paling rendah. Di samping disebabkan oleh biaya produksinya yang lebih tinggi, tingkat produktivitasnya juga sedikit di bawah petani keprasan. Rendahnya produktivitas disebabkan oleh jadwal tanam dan tebang petani PC yang umumnya tidak pada umur optimal. Konsekuensi dari kondisi tersebut adalah bahwa *gross margin* dari tanaman tebu PC milik petani adalah terendah yaitu hanya Rp 2.64 juta/ha. Nilai tersebut jauh dibawah petani dengan tanaman keprasan yang mencapai Rp 3.74 juta/ha.

Resultan dari semua hal tersebut adalah pencapaian fungsi tujuan masing-masing pihak yang terlibat (Tabel 5). Dibandingkan dengan petani keprasan dengan nilai fungsi tujuan lebih dari Rp 27 miliar, pencapaian fungsi tujuan petani PC jauh lebih rendah yaitu hanya sedikit diatas Rp 6.5 miliar. Tampak pula bahwa pemerintah memperoleh pendapatan (PPn) lebih dari Rp 0.29 miliar dengan jumlah lapangan kerja lebih dari 11 ribu orang.

Dengan hasil pencapaian tersebut, petani tebu PC diperkirakan tidak puas sehingga tidak bersedia menerima solusi tersebut. Pemerintah daerah juga diperkirakan tidak dapat menerima solusi tersebut sebab mereka cenderung mendorong perluasan tanaman PC untuk menggantikan tanaman keprasan. Terhadap situasi tersebut, diasumsikan pula bahwa pihak PG bersedia menurunkan tingkat pencapaiannya

maksimal sebesar 5% dari yang dicapai pada solusi 1. Hal ini wajar karena *gross margin/ha* dari tanaman PC jauh diatas *gross margin* petani dengan-tanaman PC. Diasumsikan pula bahwa ketersediaan PG tersebut juga sebagai akibat pendekatan pemerintah daerah karena pemerintah daerah punya kepentingan untuk meremajakan tanaman tebu yang tanaman keprasannya sudah diatas 75% dan sudah merupakan tanaman keprasan yang lebih dari lima kali kepras. Pemerintah juga bersedia menerima konsekuensi, baik itu menyangkut target produksi, tenaga kerja, maupun penerimaan, sebagai akibat perubahan tersebut.

Berdasarkan kompromi tersebut, maka terjadi perubahan pada hampir semua hasil-hasil yang dicapai pada kompromi 1, kecuali luas lahan. Untuk jadwal tebang, perubahan hampir terjadi pada semua pelaku. Pada kompromi 2, petani yang menanam tebu PC berubah jadwal tanamannya menjadi bulan juli, september, dan oktober dan jadwal panen menjadi bulan Nopember dan Desember. Contoh perubahan jadwal tanam dan tebang juga dapat dilihat pada petani yang menanam tebu keprasan. Jika pada kompromi 1 jadwal tanam menyebar dari bulan juni-oktober, maka kompromi 2 jadwal tanam dan tebang lebih tersebar yaitu dari Mei-Oktober (Tabel 6).

Tabel 4. Areal, Produksi, dan Produktivitas Kompromi 1, di Kebon Agung

Deskripsi	Petani PC	Petani RT	Total Petani	PG PC	PG TR	Total PG
Areal (ha)	2470	7411	9881	0	194	194
Produksi (Ton hablur)	10039	30900	40939	0	940	940
Produktivitas (Ton hablur/ha)	4.06	4.17	4.14	0.00	4.85	4.85
Gross margin Total (Rp M)	6.531	27.69	34.22	0	2107	8.853
Gross margin (Rp juta/ha)	2.64	3.74	3.46	0.00	7.06	

Tabel 5. Pencapaian Fungsi Tujuan pada Kompromi 1, di Kebon Agung

Pihak	Fungsi Tujuan
Petani PC (Rp miliar)	6.532
Petani RT (Rp miliar)	27.69
Pabrik Gula (Rp miliar)	8.853
Penebang (Rp miliar)	2.289
Pemerintah : Produksi (Ton)	41880
Pemerintah : Lapangan Kerja (Orang)	11349
Pemerintah : Penerimaan (Miliar)	0.291

Sebagai akibat perubahan jadwal tanam dan tebang sebagai akibat dari hasil kompromi 2, maka berbagai indikator yang berkaitan dengan usahatani tebu juga mengalami perubahan (Tabel 7). Sebagai contoh, produktivitas petani dengan tanaman PC mengalami peningkatan dari 4.06 Ton/ha menjadi 5.15 ton/ha. Produktivitas petani tanaman keprasan juga meningkat walaupun peningkatannya bersifat marginal yaitu dari 4.17 ton/ha menjadi 4.46 ton/ha. Sebagai akibatnya, *gross margin* petani tanaman PC mengalami peningkatan yang cukup signifikan yaitu dari Rp 2.64 juta/ha menjadi Rp 4.84 juta/ha. Sebagai akibatnya, *gross margin* yang diterima PG mengalami penurunan dari Rp 7.06 juta/ha menjadi Rp 6.84 juta/ha.

Hasil kompromi 2 secara umum sesuai dengan yang diharapkan. *Gross margin* petani tanaman PC meningkat sangat signifikan dari sekitar Rp 6.532 miliar menjadi Rp 8.65 miliar atau mengalami peningkatan sebesar 32.42%. Peningkatan yang signifikan tersebut diharapkan mempunyai dampak positif terhadap peningkatan tanaman PC untuk masa-masa yang akan datang. *Gross margin* dari PG tentu menurun sekitar 4.82%. Dari Rp 8.853 miliar menjadi Rp 8.426 miliar sebagai akibat dari kesediaan mereka untuk menurunkan tingkat pencapaian tujuan mereka, maksimum sebesar 5%.

Perubahan tersebut juga membawa dampak kepada pencapaian tujuan pemerintah. Untuk produksi, tingkat pencapaian tujuan pemerintah justru meningkat sekitar 1.44%, dari total produksi 41880 ton menjadi sekitar 42483 ton (tabel 8). Namun demikian, untuk lapangan kerja dan penerimaan pajak, pencapaian fungsi tujuan pemerintah mengalami penurunan. Penerimaan pajak menurun cukup signifikan yaitu sebesar 53.61%, sedangkan lapangan kerja mengalami penurunan sekitar 3.37%.

Kondisi tersebut dinilai sudah memenuhi aspirasi semua pihak yang berkepentingan. Oleh sebab itu, solusi kompromi 2 dianggap sudah dapat dianggap sebagai dasar perencanaan dalam jadwal tanam, tebang/giling, serta berbagai ketentuan yang berkaitan dengan pihak petani dan PG.

Solusi kompromi yang dihasilkan dapat berubah sesuai dengan dinamika yang terjadi antar pihak yang terkait. Model MPMO yang dikembangkan memungkinkan untuk melakukan negosiasi/kompromi kembali bagi pihak-pihak yang berkepentingan. Beberapa faktor atau aspek yang dapat dikompromikan kembali antara lain adalah sistem bagi hasil, harga tingkat petani, dan alokasi kredit. Sistem bagi hasil antara petani dan pg yang sekarang berlaku yaitu 65% gula untuk petani dan 35% untuk PG dapat dinegosiasikan.

Tabel 6. Jadwal Tanam dan Tebang Petani Tanaman Keprasan Kompromi 2, di Kebon Agung

Tanam	Tebang/Giling									Total
	April	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Mei	1	1388	0	0	0	0	0	0	0	1388
Juni	2	0	1388	0	0	0	0	0	0	1388
Juli	3	0	0	1388	0	0	0	0	0	1388
Agustus	4	0	0	0	995.2	0	0	0	0	995.2
September	5	0	0	0	0	1034.2	0	0	0	1034.2
Oktober	6	0	0	0	0	0	995.2	995.2	156.6	2147
Total		1388	1388	1388	995.2	1034.2	995.2	995.2	156.6	8340.4

Tabel 7. Areal, Produksi, dan Produktivitas Kompromi 2, di Kebon Agung

Deskripsi	Petani PC	Petani RT	Total Petani	PG PC	PG RT	Total PG
Areal (ha)	1654	7411	9065	0	114	114
Produksi (Ton hablur)	8521	33051	41572	0	678.8	678.8
Produktivitas (Ton hablur/ha)	5.15	4.46	4.59	0.00	5.95	5.95
<i>Gross margin</i> Total (Rp M)	8.65	27.69	35.69			8.426.
<i>Gross margin</i> (Rp juta/ha)	4.84	3.74	3.94	0.00		

Tabel 8. Pencapaian Fungsi Tujuan Masing-Masing Kelompok, Kompromi 2

Pihak	Fungsi Tujuan Kompromi 2	Fungsi Tujuan Kompromi 1	Perubahan (%)
Petani PC (Rp miliar)	8.65	6.532	32.42
Petani RT (Rp miliar)	27.69	27.69	0.00
Pabrik Gula (Rp miliar)	8.426	8.853	-4.82
Penebang (Rp miliar)	2.289	2.289	0.00
Pemerintah : Produksi (Ton)	42483	41880	1.44
Pemerintah : Lapangan Kerja (Orang)	10967	11349	-3.37
Pemerintah : Penerimaan (Miliar)	0.135	0.291	-53.61

## KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas di tingkat usahatani dan PG dapat ditingkatkan melalui pengembangan suatu keterpaduan sistem jadwal tanam, tebang, giling, dan bagi hasil. Sistem tersebut dikembangkan dalam suatu model yang bersifat lebih partisipatif/interaktif dengan model *multy party multy objective* (MPMO).
2. Model sistem keterpaduan jadwal tanam dan tebang telah berhasil di bangun. Model Kebon Agung merupakan representasi wilayah PG di Jawa yang antara lain dicirikan oleh lahan yang lebih sempit, kontribusi tebu rakyat lebih luas, sewa lahan relatif tinggi, dan tidak menggunakan mekanisasi.
3. Model keterpaduan sistem produksi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mencari solusi kompromi kelompok berkepentingan di industri gula yaitu petani keprasan, petani PC, penebang, PG, dan pemerintah daerah. Solusi kompromi tersebut bersifat dinamis, bergantung pada negosiasi kelompok berkepentingan dan perubahan berbagai kebijakan dan kendala seperti perubahan pola rendemen, perubahan sistem bagi hasil, kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan harga output, dan ketersediaan kredit.

### Implikasi Kebijakan

1. Model MPMO dapat dikembangkan di wilayah-wilayah PG untuk membantu keterpaduan sistem produksi melalui keterpaduan jadwal tanam dan tebang/giling. Di samping dapat meningkatkan produktivitas, keterpaduan jadwal tanam dan tebang diharapkan dapat memenuhi aspirasi petani, PG, penebang, dan pemerintah daerah. Pendekatan ini sekaligus mengurangi kekurang-harmonisan hubungan antara petani dan PG, khususnya yang berkaitan dengan penentuan jadwal tanam dan tebang/giling.
2. Mengingat penerapan MPMO tersebut relatif memerlukan kemampuan analisis dan formulasi model yang memadai, sosialisasi atau transfer teknologi tentang hal tersebut ke pihak PG dan petani merupakan suatu prasyarat penerapan pendekatan tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmito, K. 1998. Sistem Kelembagaan Sebagai Salah Satu Sumber Pokok Permasalahan Program TRI: Suatu Tinjauan. Retrospeksi. Bulletin Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, (148):59-85.
- Arifin, B. 2000. Kebijakan Produksi Dan Perdagangan Gula Nasional: Suatu Telaah Ekonomi Politik. Makalah disampaikan pada Diskusi Panel Kebijakan Industri Gula, Surabaya, 26 Juli 2000.

- Bare, B. and G.A. Mendoza. 1980. The Development Of Multiple Objective Programming Methods For Forest Land Management Planning. A Survey and Evaluation. Tidak dipublikasikan. University of WashingTon, WashingTon DC.
- Bare, B. B., G. A.,Mendoza, dan B. Mitchel. 1979. Improving Wildlife Management Trough Multy Objective Methods. Laporan, untuk FSIFRES, Montana.
- Contreras, A. P. 1985. A Computer-based Land Use Allocation Model Within a Political Economic Framework. Tidak dipublikasikan. University of the Philippines, Los Baños.
- Murdiyatmo, U. 2000. Dukungan Teknologi Dalam Pembangunan Industri Gula Indonesia. Dalam Supriono, A., (eds), Prosiding Seminar Sehari Pembangunan Perkebunan Indonesia, Asosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia, 26 Juli 2000: 43-48.
- Noble, J. 1997. The European Sugar Policy to 2001. World Sugar and Sweetener Yearbook 1996/1997, D13-DA21.
- Soentoro, V.Indiarto, dan A.M.S Ali. 1999. Usahatani dan Tebu Rakyat Intensifikasi Di Jawa. Sawit, A.H., (eds), Ekonomi Gula Indonesia: 69-130.
- Sudaryanto, T. Erwidodo, Soentoro, V.T. Manurung, M. Rachmat, dan K. Adisasmito. 1996. Dinamika Ekonomi Tebu Rakyat dan Industri Gula Indonesia. Kerjasama Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian dengan Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Bogor.
- Suprihatini, 1997. Evaluasi Keunggulan Komparatif Gula dalam Evaluasi Keunggulan Komparatif Produk Pangan dalam Rangka Pemantapan Kemandirian Pangan. Kerjasama Lembaga Penelitian Institut Pertanian Bogor dengan Kantor Menteri Negara Urusan Pangan, Jakarta.
- Susila, W. R. 2005. Pengembangan Industri Gula Indonesia: Analisis Kebijakan dan Sistem Keterpaduan Produksi, Disertasi S3, Institut Pertanian Bogor.
- Woeryanto. 2000. Peningkatan Efisiensi Manajemen Industri Gula. Dalam Supriono, A., (eds), Prosiding Seminar Sehari Pembangunan Perkebunan Indonesia, Asosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia, 26 Juli 2000:49-54

**Lampiran 4. Model MPMP Kebon Agung  
(Kasus Optimasi Petani PC)**

IMPMO KEBON AGUNG

IFungsi Tujuan Petani PC (ZFPC), Maks *Gross margin* (Rp Juta)

Max 3.1QFPCS -TCFPC

s.t.

IKendala Fungsi Tujuan Masing-Masing Kelompok

IFungsi Tujuan Petani RT (ZFRT), Maks *Gross margin* (Rp Juta)

2) 3.1QFRTS - TCFRT - ZFRT = 0

IFungsi Tujuan PG (ZPG) , Maks *Gross margin* (Rp Juta)

3) 3.1TQPG - TCPG - ZPG = 0

IFungsi Tujuan Penebang (ZSZ) , Maks *Gross margin* (Rp juta)

4) 0.03QSCT - ZSZ = 0

IFungsi Tujuan Konsumen (ZC), Minimum harga eceran (Rp/kg)

5) RPSC - ZC = 0

IFungsi Tujuan Pemerintah

IMax Produksi Gula (ZGQ, Ton):

6) TQSC - ZGQ = 0

IMax Tenaga Kerja (ZGE, orang)

7) 1.5AFPC + 2.0APGPC + 1.0AFRT + 1.2APGRT - ZGE = 0

IMax Penerimaan Pemerintah (ZGRV, Ppn = 10%\*harga\*Gula PG, Rp miliar)

8) 0.31QPG - ZGRV = 0

IKendala Lahan

!Perhitungan Lahan Petani untuk RT (ha)

9) AFRT11 + AFRT12 + AFRT13 + AFRT14 + AFRT15 + AFRT16 + AFRT17 +

AFRT22 + AFRT23 + AFRT24 + AFRT25 + AFRT26 + AFRT27 + AFRT28 +

AFRT33 + AFRT34 + AFRT35 + AFRT36 + AFRT37 + AFRT38 + AFRT39 +

AFRT44 + AFRT45 + AFRT46 + AFRT47 + AFRT48 + AFRT49 +

AFRT55 + AFRT56 + AFRT57 + AFRT58 + AFRT59 +

AFRT66 + AFRT67 + AFRT68 + AFRT69 - AFRT = 0

!Perhitungan Lahan Petani untuk PC (ha)

10) AFPC11 + AFPC12 + AFPC13 + AFPC14 + AFPC15 + AFPC16

+ AFPC17 +

AFPC22 + AFPC23 + AFPC24 + AFPC25 + AFPC26 + AFPC27 + AFPC28 +

AFPC33 + AFPC34 + AFPC35 + AFPC36 + AFPC37 + AFPC38 + AFPC39 +

AFPC44 + AFPC45 + AFPC46 + AFPC47 + AFPC48 + AFPC49 +

AFPC55 + AFPC56 + AFPC57 + AFPC58 + AFPC59 +

AFPC66 + AFPC67 + AFPC68 + AFPC69 - AFPC = 0

!Perhitungan Lahan PG untuk RT (ha)

11) APGRT11 + APGRT12 + APGRT13 + APGRT14 + APGRT15 + APGRT16 + APGRT17 +

APGRT22 + APGRT23 + APGRT24 + APGRT25 + APGRT26 + APGRT27 + APGRT28 +

APGRT33 + APGRT34 + APGRT35 + APGRT36 + APGRT37 + APGRT38 + APGRT39 +

APGRT44 + APGRT45 + APGRT46 + APGRT47 + APGRT48 + APGRT49 +

APGRT55 + APGRT56 + APGRT57 + APGRT58 + APGRT59 +

APGRT66 + APGRT67 + APGRT68 + APGRT69 - APGRT = 0

!Perhitungan Lahan PG untuk PC (ha)

12) APGPC11 + APGPC12 + APGPC13 + APGPC14 + APGPC15 + APGPC16 + APGPC17 +

APGPC22 + APGPC23 + APGPC24 + APGPC25 + APGPC26 + APGPC27 + APGPC28 +

APGPC33 + APGPC34 + APGPC35 + APGPC36 + APGPC37 + APGPC38 + APGPC39 +

APGPC44 + APGPC45 + APGPC46 + APGPC47 + APGPC48 + APGPC49 +

APGPC55 + APGPC56 + APGPC57 + APGPC58 + APGPC59 +

APGPC66 + APGPC67 + APGPC68 + APGPC69 - APGPC = 0

!Total Areal Petani (ha)

13) AFRT + AFPC - TAF = 0

!Komposisi PC dan RT Petani

14) 0.25AFRT - 0.75AFPC > 0

!Total Areal PG (ha)

15) APGRT + APGPC - TAPG = 0

!Komposisi PC dan RT untuk PG (ha)

16) 0.25APGRT - 0.75APGPC > 0

!Ketersediaan lahan Petani dan PG (ha); Historis 4868; 8175

17) TAF < 13000

18) TAPG < 700

!Kendala Ketersediaan Alat Mekanis (ha)

!(hanya untuk PG tanaman PC, ada 2 traktor dengan kapasitas 4 ha per hari atau 100 ha/bulan)

19) APGPC11 + APGPC12 + APGPC13 + APGPC14 + APGPC15 + APGPC16 + APGPC17 < 100

20) APGPC22 + APGPC23 + APGPC24 + APGPC25 + APGPC26 + APGPC27 + APGPC28 < 100

21) APGPC33 + APGPC34 + APGPC35 + APGPC36 + APGPC37 + APGPC38 + APGPC39 < 100

22) APGPC44 + APGPC45 + APGPC46 + APGPC47 + APGPC48 + APGPC49 < 100

23) APGPC55 + APGPC56 + APGPC57 + APGPC58 + APGPC59 < 100

24) APGPC66 + APGPC67 + APGPC68 + APGPC69 < 100

!Kendala Penebang

!(Kemampuan 11 ku/hari atau setara dengan 0.18 ha/orang, 250 penebang, atau 1388 ha/bulan)

25) AFRT11 + AFPC11 + APGRT11 + APGPC11 < 1388

26) AFRT12 + AFRT22 + AFPC12 + AFPC22 + APGRT12 + APGRT22 + APGPC12 + APGPC22 < 1388

27) AFRT13 + AFRT23 + AFRT33 + AFPC13 + AFPC23 + AFPC33 + APGRT13 + APGRT23 + APGRT33 + APGPC13 + APGPC23 + APGPC33 < 1388

28) AFRT14 + AFRT24 + AFRT34 + AFRT44 + AFPC14 + AFPC24 + AFPC34 + AFPC44 + APGRT14 +

APGRT24 + APGRT34 + APGRT44 + APGPC14 + APGPC24 + APGPC34 + APGPC44 < 1388

29) AFRT15 + AFRT25 + AFRT35 + AFRT45 + AFRT55 + AFPC15 + AFPC25 + AFPC35 + AFPC45 +

AFPC55 + APGRT15 + APGRT25 + APGRT35 + APGRT45 + APGRT55 + APGPC15 + APGPC25 +

APGPC35 + APGPC45 + APGPC55 < 1388

30) AFRT15 + AFRT25 + AFRT35 + AFRT45 + AFRT55 + AFPC15 + AFPC25 + AFPC35 + AFPC45 +

AFPC55 + APGRT15 + APGRT25 + APGRT35 + APGRT45 + APGRT55 + APGPC15 + APGPC25 +

APGPC35 + APGPC45 + APGPC55 < 1388

31) AFRT16 + AFRT26 + AFRT36 + AFRT46 + AFRT56 + AFRT66 + AFPC16 + AFPC26 + AFPC36 +

AFPC46 + AFPC56 + AFPC66 + APGRT16 + APGRT26 + APGRT36

+ APGRT46 + APGRT56 +

APGRT66 + APGPC16 + APGPC26 + APGPC36 + APGPC46 + APGPC56 + APGPC66 < 1388

32) AFRT17 + AFRT27 + AFRT37 + AFRT47 + AFRT57 + AFRT67 + AFPC17 + AFPC27 + AFPC37 +

AFPC47 + AFPC57 + AFPC67 + APGRT17 + APGRT27 + APGRT37 + APGRT47 + APGRT57 +

APGRT67 + APGPC17 + APGPC27 + APGPC37 + APGPC47 + APGPC57 + APGPC67 < 1388

33) AFRT28 + AFRT38 + AFRT48 + AFRT58 + AFRT68 + AFPC28 + AFPC38 + AFPC48 + AFPC58 +

AFPC68 + APGRT28 + APGRT38 + APGRT48 + APGRT58 + APGRT68 + APGPC28 + APGPC38 +

APGPC48 + APGPC58 + APGPC68 < 1388

34) AFRT39 + AFRT49 + AFRT59 + AFRT69 + AFPC39 + AFPC49 + AFPC59 + AFPC69 + APGRT39 +

APGRT49 + APGRT59 + APGRT69 + APGPC39 + APGPC49 + APGPC59 + APGPC69 < 1388

!Kendala Kapasitas PG Minimum

!(Asumsi yield tegalan : PR 75:78; PG 75:78: 3732 TCD, 76460 ha)

35) 75AFRT11 + 78AFPC11 + 75APGRT11 + 78APGPC11 > 76460

36) 75AFRT12 + 75AFRT22 + 78AFPC12 + 78AFPC22 + 75APGRT12 + 75APGRT22 + 78APGPC12 +

78APGPC22 > 76460

37) 75AFRT13 + 75AFRT23 + 75AFRT33 + 78AFPC13 + 78AFPC23 + 78AFPC33 + 75APGRT13 +

75APGRT23 + 75APGRT33 + 78APGPC13 + 78APGPC23 + 78APGPC33 > 76460

38) 75AFRT14 + 75AFRT24 + 75AFRT34 + 75AFRT44 + 78AFPC14 + 78AFPC24 + 78AFPC34 +

78AFPC44 + 75APGRT14 + 75APGRT24 + 75APGRT34 + 75APGRT44 + 78APGPC14 +

78APGPC24 + 78APGPC34 + 78APGPC44 > 76460

39) 75AFRT15 + 75AFRT25 + 75AFRT35 + 75AFRT45 + 75AFRT55 + 78AFPC15 + 78AFPC25 +

78AFPC35 + 78AFPC45 + 78AFPC55 + 75APGRT15 + 75APGRT25 + 75APGRT35 + 75APGRT45 +

75APGRT55 + 78APGPC15 + 78APGPC25 + 78APGPC35 + 78APGPC45 + 78APGPC55 > 76460

40) 75AFRT16 + 75AFRT26 + 75AFRT36 + 75AFRT46 + 75AFRT56 + 75AFRT66 + 78AFPC16 +

78AFPC26 + 78AFPC36 + 78AFPC46 + 78AFPC56 + 78AFPC66

+ 75APGRT16 + 75APGRT26 +

75APGRT36 + 75APGRT46 + 75APGRT56 + 75APGRT66 +  
78APGPC16 + 78APGPC26 +

78APGPC36 + 78APGPC46 + 78APGPC56 + 78APGPC66  
> 76460

41) 75AFRT17 + 75AFRT27 + 75AFRT37 + 75AFRT47 +  
75AFRT57 + 75AFRT67 + 78AFPC17 +

78AFPC27 + 78AFPC37 + 78AFPC47 + 78AFPC57 +  
78AFPC67 + 75APGRT17 + 75APGRT27 +

75APGRT37 + 75APGRT47 + 75APGRT57 + 75APGRT67 +  
78APGPC17 + 78APGPC27 +

78APGPC37 + 78APGPC47 + 78APGPC57 + 78APGPC67 >  
76460

42) 75AFRT28 + 75AFRT38 + 75AFRT48 + 75AFRT58 +  
75AFRT68 + 78AFPC28 + 78AFPC38 +

78AFPC48 + 78AFPC58 + 78AFPC68 + 75APGRT28 +  
75APGRT38 + 75APGRT48 + 75APGRT58 +

75APGRT68 + 78APGPC28 + 78APGPC38 + 78APGPC48 +  
78APGPC58 + 78APGPC68 > 76460

43) 75AFRT39 + 75AFRT49 + 75AFRT59 + 75AFRT69 +  
78AFPC39 + 78AFPC49 + 78AFPC59 + 78AFPC69 +

75APGRT39 + 75APGRT49 + 75APGRT59 + 75APGRT69 +  
78APGPC39 + 78APGPC49 +

78APGPC59 + 78APGPC69 > 76460

!Kendala Kapasitas PG Maksimum (6700 TCD; 25 hari, 117525)

44) 75AFRT11 + 78AFPC11 + 75APGRT11 + 78APGPC11 <  
117525

45) 75AFRT12 + 75AFRT22 + 78AFPC12 + 78AFPC22 +  
75APGRT12 + 75APGRT22 + 78APGPC12 +

78APGPC22 < 117525

46) 75AFRT13 + 75AFRT23 + 75AFRT33 + 78AFPC13 +  
78AFPC23 + 78AFPC33 + 75APGRT13 +

75APGRT23 + 75APGRT33 + 78APGPC13 + 78APGPC23 +  
78APGPC33 < 117525

47) 75AFRT14 + 75AFRT24 + 75AFRT34 + 75AFRT44 +  
78AFPC14 + 78AFPC24 + 78AFPC34 +

78AFPC44 + 75APGRT14 + 75APGRT24 + 75APGRT34 +  
75APGRT44 + 78APGPC14 +

78APGPC24 + 78APGPC34 + 78APGPC44 < 117525

48) 75AFRT15 + 75AFRT25 + 75AFRT35 + 75AFRT45 +  
75AFRT55 + 78AFPC15 + 78AFPC25 +

78AFPC35 + 78AFPC45 + 78AFPC55 + 75APGRT15 +  
75APGRT25 + 75APGRT35 + 75APGRT45 +

75APGRT55 + 78APGPC15 + 78APGPC25 + 78APGPC35 +  
78APGPC45 + 78APGPC55 < 117525

49) 75AFRT16 + 75AFRT26 + 75AFRT36 + 75AFRT46 +  
75AFRT56 + 75AFRT66 + 78AFPC16 +

78AFPC26 + 78AFPC36 + 78AFPC46 + 78AFPC56 + 78AFPC66  
+ 75APGRT16 + 75APGRT26 +

75APGRT36 + 75APGRT46 + 75APGRT56 + 75APGRT66 +  
78APGPC16 + 78APGPC26 +

78APGPC36 + 78APGPC46 + 78APGPC56 + 78APGPC66 <  
117525

50) 75AFRT17 + 75AFRT27 + 75AFRT37 + 75AFRT47 +  
75AFRT57 + 75AFRT67 + 78AFPC17 +

78AFPC27 + 78AFPC37 + 78AFPC47 + 78AFPC57 + 78AFPC67  
+ 75APGRT17 + 75APGRT27 +

75APGRT37 + 75APGRT47 + 75APGRT57 + 75APGRT67 +  
78APGPC17 + 78APGPC27 +

78APGPC37 + 78APGPC47 + 78APGPC57 + 78APGPC67 <  
117525

51) 75AFRT28 + 75AFRT38 + 75AFRT48 + 75AFRT58 +  
75AFRT68 + 78AFPC28 + 78AFPC38 +

78AFPC48 + 78AFPC58 + 78AFPC68 + 75APGRT28 + 75APGRT38  
+ 75APGRT48 + 75APGRT58 +

75APGRT68 + 78APGPC28 + 78APGPC38 + 78APGPC48 +  
78APGPC58 + 78APGPC68 < 117525

52) 75AFRT39 + 75AFRT49 + 75AFRT59 + 75AFRT69 +  
78AFPC39 + 78AFPC49 + 78AFPC59 +

78AFPC69 + 75APGRT39 + 75APGRT49 + 75APGRT59 +  
75APGRT69 + 78APGPC39 + 78APGPC49 +

78APGPC59 + 78APGPC69 < 117525

!Ketersedian Kredit dan Modal

!(Kebutuhan kredit PR : 2.0:3.6 ; Modal PG 6.35:7.50 juta/ha)

!Ketersediaan Petanisecara historis (5000 petani a' Rp 2.5 juta)

!Historis cukup untuk 12600 ha

!Ketersediaan Modal PG Rp 38.5 N

53) 1.0AFRT + 1.8AFPC < 12500

54) TCPG < 38500

!Perhitungan Produksi Tebu (Ton)

55) QSCFRT - 75AFRT = 0

56) QSCFPC - 78AFPC = 0

57) QSCPGRT - 75APGRT = 0

58) QSCPGPC - 78APGPC = 0

$$59) \text{QSCFPC} + \text{QSCFRT} - \text{QSCF} = 0$$

$$60) \text{QSCPGPC} + \text{QSCPGR} - \text{QSCPG} = 0$$

$$61) \text{QSCF} + \text{QSCPG} - \text{QSCT} = 0$$

!Perhitungan Produksi Gula Petani RT (Ton)

$$\begin{aligned} 62) & 3.908\text{AFRT11} + \\ & 4.230\text{AFRT12} + 3.908\text{AFRT22} + \\ & 4.778\text{AFRT13} + 4.230\text{AFRT23} + 3.908\text{AFRT33} + \\ & 5.363\text{AFRT14} + 4.778\text{AFRT24} + 4.230\text{AFRT34} + 3.908\text{AFRT44} + \\ & 5.955\text{AFRT15} + 5.363\text{AFRT25} + 4.778\text{AFRT35} + 4.230\text{AFRT45} + 3.908\text{AFRT55} + \\ & 5.835\text{AFRT16} + 5.955\text{AFRT26} + 5.363\text{AFRT36} + 4.778\text{AFRT46} + 4.230\text{AFRT56} + 3.908\text{AFRT66} + \\ & 4.845\text{AFRT17} + 5.835\text{AFRT27} + 5.955\text{AFRT37} + 5.363\text{AFRT47} + 4.778\text{AFRT57} + 4.230\text{AFRT67} + \\ & 4.845\text{AFRT28} + 5.835\text{AFRT38} + 5.955\text{AFRT48} + 5.363\text{AFRT58} + 4.778\text{AFRT68} + \\ & 4.845\text{AFRT39} + 5.835\text{AFRT49} + 5.955\text{AFRT59} + 5.363\text{AFRT69} - \\ & \text{QFRT} = 0 \end{aligned}$$

!Produksi Gula Petani PC (Ton)

$$\begin{aligned} 63) & 4.064\text{AFPC11} + \\ & 4.399\text{AFPC12} + 4.064\text{AFPC22} + \\ & 4.969\text{AFPC13} + 4.399\text{AFPC23} + 4.064\text{AFPC33} + \\ & 5.577\text{AFPC14} + 4.969\text{AFPC24} + 4.399\text{AFPC34} + 4.064\text{AFPC44} + \\ & 6.193\text{AFPC15} + 5.577\text{AFPC25} + 4.969\text{AFPC35} + 4.399\text{AFPC45} + 4.064\text{AFPC55} + \\ & 6.068\text{AFPC16} + 6.193\text{AFPC26} + 5.577\text{AFPC36} + 4.969\text{AFPC46} + 4.399\text{AFPC56} + 4.064\text{AFPC66} + \\ & 5.039\text{AFPC17} + 6.068\text{AFPC27} + 6.193\text{AFPC37} + 5.577\text{AFPC47} + 4.969\text{AFPC57} + 4.399\text{AFPC67} + \\ & 5.039\text{AFPC28} + 6.068\text{AFPC38} + 6.193\text{AFPC48} + 5.577\text{AFPC58} + 4.969\text{AFPC68} + \\ & 5.039\text{AFPC39} + 6.068\text{AFPC49} + 6.193\text{AFPC59} + 5.577\text{AFPC69} - \\ & \text{QFPC} = 0 \end{aligned}$$

!Produksi Gula PG RT (Ton)

$$\begin{aligned} 64) & 3.908\text{APGRT11} + \\ & 4.230\text{APGRT12} + 3.908\text{APGRT22} + \\ & 4.778\text{APGRT13} + 4.230\text{APGRT23} + 3.908\text{APGRT33} + \\ & 5.363\text{APGRT14} + 4.778\text{APGRT24} + 4.230\text{APGRT34} + 3.908\text{APGRT44} + \\ & 5.955\text{APGRT15} + 5.363\text{APGRT25} + 4.778\text{APGRT35} + 4.230\text{APGRT45} + 3.908\text{APGRT55} + \\ & 5.835\text{APGRT16} + 5.955\text{APGRT26} + 5.363\text{APGRT36} + 4.778\text{APGRT46} + 4.230\text{APGRT56} + 3.908\text{APGRT66} + \\ & 4.845\text{APGRT17} + 5.835\text{APGRT27} + 5.955\text{APGRT37} + 5.363\text{APGRT47} + 4.778\text{APGRT57} + 4.230\text{APGRT67} + \\ & 4.845\text{APGRT28} + 5.835\text{APGRT38} + 5.955\text{APGRT48} + 5.363\text{APGRT58} + 4.778\text{APGRT68} + \\ & 4.845\text{APGRT39} + 5.835\text{APGRT49} + 5.955\text{APGRT59} + 5.363\text{APGRT69} - \\ & \text{QPGRT} = 0 \end{aligned}$$

!Produksi Gula PG PC (Ton)

$$\begin{aligned} 65) & 4.064\text{APGPC11} + \\ & 4.399\text{APGPC12} + 4.064\text{APGPC22} + \\ & 4.969\text{APGPC13} + 4.399\text{APGPC23} + 4.064\text{APGPC33} + \\ & 5.577\text{APGPC14} + 4.969\text{APGPC24} + 4.399\text{APGPC34} + 4.064\text{APGPC44} + \\ & 6.193\text{APGPC15} + 5.577\text{APGPC25} + 4.969\text{APGPC35} + 4.399\text{APGPC45} + 4.064\text{APGPC55} + \\ & 6.068\text{APGPC16} + 6.193\text{APGPC26} + 5.577\text{APGPC36} + 4.969\text{APGPC46} + 4.399\text{APGPC56} + 4.064\text{APGPC66} + \\ & 5.039\text{APGPC17} + 6.068\text{APGPC27} + 6.193\text{APGPC37} + 5.577\text{APGPC47} + 4.969\text{APGPC57} + 4.399\text{APGPC67} + \\ & 5.039\text{APGPC28} + 6.068\text{APGPC38} + 6.193\text{APGPC48} + 5.577\text{APGPC58} + 4.969\text{APGPC68} + \\ & 5.039\text{APGPC39} + 6.068\text{APGPC49} + 6.193\text{APGPC59} + 5.577\text{APGPC69} - \\ & \text{QPGPC} = 0 \end{aligned}$$

!Produksi Total (Ton)

$$66) \text{QFPC} + \text{QFRT} - \text{TQF} = 0$$

$$67) \text{QPGPC} + \text{QPGRT} - \text{QPG} = 0$$

$$68) \text{TQF} + \text{QPG} - \text{TQSC} = 0$$

!Bagian Gula Petani dan PG (Ton)

$$69) 0.65\text{QFPC} - \text{QFPCS} = 0$$

$$70) 0.65\text{QFRT} - \text{QFRTS} = 0$$

$$71) \text{QPG} + 0.35\text{QFPC} + 0.35\text{QFRT} - \text{TQPG} = 0$$

!Biaya Usahatani dan Pengolahan (Rp juta)

!(Tanaman dan tebang angkut : PR 2.415; 3.205; PG 4.160; 5.360; biaya olah Rp .9 juta/Ton; ongkos !tebang angkut Rp 30 ribu/Ton):

$$72) 2.415\text{AFRT} + 0.03\text{QSCFRT} - \text{TCFRT} = 0$$

$$73) 3.205\text{AFPC} + 0.03\text{QSCFPC} - \text{TCFPC} = 0$$

$$74) 4.160\text{APGRT} + 0.03\text{QSCPGR} - \text{TCPGR} = 0$$

$$75) 5.360\text{APGPC} + 0.03\text{QSCPGPC} - \text{TCPGPC} = 0$$

$$76) 0.9\text{TQF} + 0.9\text{QPG} - \text{PC} = 0$$

$$77) \text{TCPGR} + \text{TCPGPC} + \text{PC} - \text{TCPG} = 0$$