

MODEL PERENCANAAN PRODUKSI PADA RANTAI PASOK CRUDE PALM OIL DENGAN MEMPERTIMBANGKAN PREFERENSI PENGAMBIL KEPUTUSAN

Rika Ampuh Hadiguna¹, Machfud²

¹Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Industri, Universitas Andalas
Limau Manis Padang 25163, Sumatra Barat

Email: hadiguna05@yahoo.com

²Laboratorium Teknik dan Manajemen Industri, Departemen Teknologi Industri Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor

ABSTRAK

Tulisan ini membahas sebuah model perencanaan produksi dalam kerangka rantai pasok agroindustri *crude palm oil* (minyak sawit mentah). Model dibuat interaktif karena melibatkan preferensi pengambil keputusan dalam perencanaan produksi. Model dibangun pada lingkup perkebunan yang menggunakan sistem Perkebunan Inti Rakyat (PIR). Sumber pasokan tandan buah segar berasal dari kebun inti, kebun petani plasma, dan kebun luar. Konsep pemodelan yang diterapkan adalah program linear *fuzzy* dengan obyektif tunggal. Model dikembangkan dalam beberapa tahapan. Pertama, mengidentifikasi variabel, parameter, kendala dan fungsi obyektif. Kedua, menetapkan parameter *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan berbentuk kurva S dimodifikasi. Pada tahap ini dilakukan formulasi model dalam bentuk program linear. Resiko kualitas yang berasal dari bahan baku direpresentasikan dalam bentuk persen jumlah cacat. Ketiga, melakukan pengujian model menggunakan data yang diadopsi dari sebuah perusahaan perkebunan yang mempunyai sistem PIR. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa model mempunyai kemampuan untuk mengakomodir preferensi pengambil keputusan.

Kata kunci: rantai pasok, agroindustri, program linear, *fuzzy*, kualitas, preferensi.

ABSTRACT

A model of production planning in Crude Palm Oil industry is discussed on this paper. An interactive model is made due to the involvement of decision maker's preference in production planning. The model is built for Nucleus-Plasma palm estate system. The sources of fresh palm fruit bunches are obtained from nucleus estate, plasma estate and outsourcing. A single objective fuzzy linear programming model is built with the following steps: (1) Decision variables, parameters are identified from the real system of Crude Palm Oil industry as well as determination of constraints and objective function; (2) Fuzzy parameters are determined using modified S curve membership function. Linear programming model is also formulated at this step. Risk quality of raw material is represented by percentage of defect raw material; (3) Model is then validated using data from Nucleus-Plasma palm estate system. The result shows that S curve membership function is able to represent the preference of decision makers.

Keywords: supply chain, agroindustry, linear programming, *fuzzy*, quality, preferences.

1. PENDAHULUAN

Crude Palm Oil (CPO) atau minyak sawit mentah merupakan salah satu komoditas pertanian yang menjadi andalan di Indonesia. Selain perusahaan swasta, Badan Usaha Milik Negara (BUMN) juga bergerak di bisnis perkebunan dan pengolahan kelapa sawit. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan minyak sawit mentah yang digunakan sebagai bahan baku oleh industri

lainnya sebagai produk turunan seperti oleopangan (minyak goreng dan margarin, dan *shortening*) dan oleokimia (*fatty acids*, *fatty alcohol* dan *glycerine*). Fungsi minyak sawit mentah sebagai bahan baku bagi industri lainnya tentu memberikan konsekuensi perhatian yang lebih terhadap kualitas. Dalam agroindustri CPO, manajemen rantai pasok akan menunjang praktik usaha tani, produksi dan pendistribusian (Basiron *et al.*, 2005). Menurut Pahan (2006) keragaman kualitas minyak kelapa sawit ditentukan oleh kegiatan panen, transportasi, pengolahan dan penimbunan.

Produksi minyak sawit mentah merupakan rangkaian kegiatan yang diawali dengan mengolah tandan buah segar (TBS). Selain sistem panen TBS, manajemen produksi juga akan mempengaruhi kualitas CPO yang dihasilkan. Agar kemampuan daya saing agroindustri CPO meningkat, maka diperlukan pengelolaan yang terintegrasi mulai dari pasokan bahan baku, perencanaan produksi dan pengendalian persediaan tangki timbun. Sebuah sistem perencanaan dan pengendalian produksi dibutuhkan untuk mencapai hal ini. Menurut Pahan (2006), Fauzi *et al.* (2006) dan Kandiah *et al.* (2002) kadar asam lemak bebas (ALB) dapat meningkat disebabkan TBS restan, pengolahan yang kurang baik dan penimbunan akhir terlalu lama. Sistem perencanaan dan pengendalian produksi sangat diperlukan untuk bisa mengantisipasi faktor kualitas tersebut. Disamping itu, karakteristik panen TBS mengharuskan pengelolaan sumber daya pabrik yang efisien dan efektif. Penelitian sistem rantai pasok agroindustri CPO masih sangat jarang dilakukan. Produksinya menggunakan tipe *make to stock* dan prosesnya bertipe kontinu. Hal yang menarik dari sistem produksi CPO adalah ketergantungannya terhadap hasil panen TBS yang bervariasi dari waktu ke waktu. Situasi masalah perencanaan produksi agroindustri CPO menjadi sangat menarik pada saat dikaji dalam kerangka sistem rantai pasok.

Tujuan studi adalah mengembangkan model matematis perencanaan produksi CPO. Model dibangun pada lingkup perkebunan yang menggunakan sistem perkebunan inti rakyat (PIR). Kebutuhan tambahan TBS diperoleh dari pihak ketiga dari kebun bukan plasma yang ada disekitar agroindustri. Sistem yang diamati mencakup kebun, pabrik dan tangki penimbunan dengan pelanggan akhir adalah konsumen industri. Tulisan ini disajikan dalam beberapa bagian yaitu pendahuluan, tinjauan pustaka, metodologi, formulasi model, penyelesaian dan cara kerja model dan ditutup dengan kesimpulan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Perencanaan Produksi di Agroindustri

Menurut *American Production and Inventory Control Society* (APICS), pengertian pengendalian produksi adalah fungsi untuk menggerakkan barang melalui siklus manufaktur keseluruhan dari pengadaan bahan baku sampai dengan pengiriman produk jadi, sedangkan pengendalian persediaan adalah aktivitas-aktivitas dan teknik-teknik penjagaan stok barang-barang pada tingkat tertentu, baik berupa bahan baku, barang dalam proses dan produk jadi (Smith 1989). Perencanaan dan pengendalian produksi dilakukan dengan maksud memenuhi permintaan pada tingkat biaya yang minimum. Kegiatan produksi sangat ditentukan oleh ketersediaan bahan baku dan jumlah permintaan. Bahan baku sebagai masukan akan diproses untuk menghasilkan produk. Pasokan bahan baku dalam agroindustri mempunyai karakteristik musiman, mudah rusak, beragam, dan *bulky*. Perencanaan dan pengendalian produksi akan berperan dengan memperhatikan karakteristik tersebut melalui pengelolaan persediaan, kapasitas dan penjadwalan. Pengelolaan persediaan bertujuan meminimasi biaya dan kerusakan produk atau bahan, perencanaan kapasitas dimaksudkan untuk menjamin kelancaran proses produksi dan penjadwalan ditujukan untuk menjaga kualitas dan tingkat persediaan yang minimum.

Perancangan sistem perencanaan dan pengendalian produksi untuk agroindustri tentunya harus memperhatikan karakteristik dari bahan baku yang khas tersebut. Faktor musiman mengharuskan pentingnya penjadwalan tanam untuk jenis tanaman yang cepat panen. Jenis tanaman seperti kelapa sawit yang berumur panjang dan produktivitas yang tinggi, variasi jumlah buah siap panen mengharuskan pentingnya prakiraan jumlah panen dari setiap kebun. Hasil panen yang beragam tentunya perlu diperiksa agar mengolah bahan baku yang benar-benar memenuhi spesifikasi kualitas yang telah ditetapkan. Jumlah panen dalam volume besar dan sifat *perishable* mengharuskan sistem transportasi bahan baku yang memperhatikan resiko penurunan kualitas. Karakteristik inilah yang penting diperhatikan dalam merancang sebuah sistem perencanaan dan pengendalian produksi di agroindustri.

Perhatian terhadap perencanaan dan pengendalian produksi telah banyak dilakukan. Vasant (2003, 2006) mengembangkan program linear *fuzzy* yang diaplikasikan pada perencanaan produksi. Model perencanaan produksi yang diterapkannya hanya merencanakan kombinasi jumlah produksi dari beberapa jenis produk, atau lebih dikenal dengan istilah baur produk. Hasil studi ini masih belum mampu melibatkan faktor-faktor penting lainnya yang patut dipertimbangkan dalam sebuah sistem perencanaan dan pengendalian produksi, seperti kebijakan persediaan, ketersediaan tenaga kerja dan lain-lainnya.

Techawiboonwong dan Yenradee (2002) memanfaatkan *spreadsheet solver* sebagai sistem penunjang keputusan dalam perencanaan produksi. Model ini tidak bisa diterapkan untuk perencanaan produksi di agroindustri. Disamping itu, formulasi model masih menggunakan kebijakan *given* untuk batasan sumber daya yang digunakan seperti batas maksimum persediaan yang diizinkan, jumlah tenaga kerja minimum dan maksimum ataupun beberapa faktor lainnya.

Filho *et al.* (2006) mengembangkan model perencanaan agregat dengan obyektif majemuk yang khusus untuk industri manufaktur. Kelebihan dari model ini adalah upaya melibatkan strategi manufaktur dalam merumuskan obyektif. Walaupun model yang dikembangkan lebih menekankan pada teknik formulasi obyektif berbasis strategi manufaktur, namun muatan formulasi masih belum memperlihatkan aspek-aspek khusus yang membedakannya dari model-model yang sudah ada.

Tsobune *et al.* (1986) secara khusus mengembangkan model produksi untuk produk agroindustri dengan komponen sistem produksi terdiri dari persediaan bahan baku, proses barang setengah jadi, proses akhir produk, persediaan barang setengah jadi, dan persediaan produk akhir. Model ini sangat bagus karena mampu merepresentasikan secara umum karakteristik agroindustri dengan fokus pada sifat *perishable* komoditas.

Nahmiah (1982) telah membahas secara mendalam teori dasar persediaan produk *perishable*. Martin (1986) mengembangkan model keputusan persediaan produk *perishable* untuk kondisi umur hidup tetap dengan permintaan stokastik dan produk tunggal. Model-model kebijakan persediaan produk *perishable* lainnya yang telah dikembangkan antara lain Chiu (1995) dan Ghos dan Chaudhuri (2005). Model-model yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk menjadi salah satu model yang dibutuhkan dalam perancangan sistem perencanaan produksi dan pengendalian persediaan agroindustri minyak sawit mentah.

2.2 Model Program Linear Fuzzy

Program linear telah banyak diterapkan untuk menyelesaikan berbagai jenis masalah termasuk perencanaan produksi. Penerapannya telah dilakukan diantaranya oleh Vasant (2003, 2006) menggunakan bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan kurva S. Adrizal dan Marimin (2004) menggunakan fungsi keanggotaan bentuk linear. Susanto *et al.* (2006) menggunakan bilangan *fuzzy* berbentuk segitiga. Hadiguna dan Marimin (2007) menggunakan fungsi keanggotaan berbentuk linear.

Dalam sistem *fuzzy* dikenal fungsi keanggotaan yang menunjukkan derajat keanggotaan sebuah nilai dalam rentang nilai yang kabur. Ada beberapa model fungsi keanggotaan yang telah dikenal, baik bentuk linear maupun non-linear. Model program linear *fuzzy* dalam studi ini menggunakan fungsi keanggotaan non-linear bentuk kurva S yang dimodifikasi. Fungsi keanggotaan kurva S diyakini telah teruji dan sesuai untuk masalah-masalah terapan khususnya perencanaan produksi (Vasant, 2003, 2006). Dibandingkan dengan fungsi keanggotaan lainnya seperti segitiga (*triangular*) yang sering digunakan dalam program linear, maka tipe S dimodifikasi dapat memudahkan proses perhitungan. Selain itu, fungsi ini tidak kaku dalam mengakomodasi preferensi pengambil keputusan dalam menilai kondisi yang tidak tegas.

Bentuk umum program linear dengan koefisien bernilai *fuzzy* dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Min } z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

dengan kendala

$$\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_j \geq \tilde{b}_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

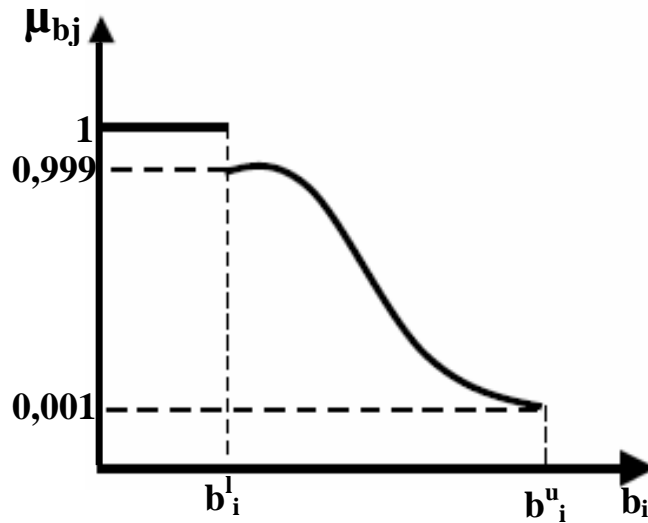
c_{ij} adalah biaya memproduksi produk j , \tilde{a}_{ij} adalah jenis sumber daya i yang digunakan untuk memproses produk j dengan batasan sebesar \tilde{b}_j dimana simbol (\sim) sebagai bilangan *fuzzy*. Model akan menjadikan koefisien teknikal (a) dan sumberdaya (b) bernilai *fuzzy*. Agar persamaan bentuk program linear *fuzzy* dapat diselesaikan, maka dibutuhkan sebuah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang digunakan untuk \tilde{a}_{ij} dan \tilde{b}_j adalah kurva S modifikasi yang dikembangkan oleh Vasant (2006) dengan derajat keanggotaan dinyatakan dengan $\mu_{a_{ij}}$ dan μ_{b_i} . Fungsi keanggotaan dapat dilihat pada Gambar 1. Ada dua nilai rentang yang memperlihatkan batas atas (u) dan batas bawah (l) yang akan didefuzifikasi menggunakan persamaan berikut:

$$\tilde{b}_i = b_i^l + \left(\frac{b_i^u - b_i^l}{\alpha} \right) \ln \frac{1}{C} \left(\frac{B}{\mu_{b_i}} - 1 \right) \quad (3)$$

$$\tilde{a}_{ij} = a_{ij}^l + \left(\frac{a_{ij}^u - a_{ij}^l}{\alpha} \right) \ln \frac{1}{C} \left(\frac{B}{\mu_{a_{ij}}} - 1 \right) \quad (4)$$

Nilai \tilde{a}_{ij} dan \tilde{b}_i adalah nilai yang akan digunakan dalam program linear biasa. Dengan mensubstitusikan persamaan (3) dan (4) kedalam persamaan (2), secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^n \left(a_{ij}^l + \left(\frac{a_{ij}^u - a_{ij}^l}{\alpha} \right) \ln \frac{1}{C} \left(\frac{B}{\mu_{a_{ij}}} - 1 \right) \right) x_j \geq b_i^l + \left(\frac{b_i^u - b_i^l}{\alpha} \right) \ln \frac{1}{C} \left(\frac{B}{\mu_{b_i}} - 1 \right) \quad (5)$$



Gambar 1. Fungsi keanggotaan dengan kurva S modifikasi

Agar nilai \tilde{b}_i dan \tilde{a}_{ij} dapat dihitung, maka parameter B dan C harus diketahui, sedangkan α dan μ merupakan parameter model yang akan diubah-ubah untuk mendapatkan z. Ditetapkan nilai B = 1 dan C = 0,001, sedangkan α bernilai 13,81350956 (Vasant, 2003). Beberapa cara penerapan dari parameter α dan μ dapat dilakukan sesuai dengan tujuan pemodelan. Bisa saja menggunakan salah satu parameter atau keduanya sekaligus.

3. METODOLOGI

3.1 Karakteristik Sistem

Sistem perencanaan produksi pada agroindustri CPO menggunakan sistem dorong. Model perencanaan produksi adalah kegiatan memproduksi minyak sawit mentah untuk setiap periode berdasarkan jumlah pasokan TBS. Jumlah produksi diharapkan mampu memenuhi prakiraan permintaan dengan obyektif minimisasi total biaya. Model ini harus memperhatikan berbagai jenis sumber daya yang nyata dibutuhkan dan berkontribusi terhadap total biaya produksi. Produk jadi disimpan dalam tangki timbun. Fungsi tangki timbun adalah tempat penyimpanan sementara sebelum produk dijual atau dikirim ke konsumen. Pada model ini juga akan diketahui status persediaan produk disetiap akhir periode sebagai konsekwensi permintaan lebih kecil dibandingkan jumlah produksi. Volume CPO yang tersimpan dalam tangki timbun akan dihitung sebagai biaya persediaan.

Model yang diusulkan bersifat deterministik. Perencanaan didasarkan dari waktu ke waktu dengan keluaran adalah rencana jumlah produksi, kebutuhan TBS, jumlah tenaga kerja panen, dan kebutuhan truk angkut TBS. Model menggunakan obyektif tunggal yaitu total biaya perencanaan produksi sepanjang horizon perencanaan. Penggunaan obyektif tunggal didasarkan pada orientasi utama para manajer pabrik yaitu mengendalikan biaya produksi. Biaya produksi sering menjadi indikator kunci kinerja yang paling diperhatikan dalam pengelolaan pabrik.

3.2 Prinsip Dasar Pemodelan

Formulasi model yang dibangun mencerminkan sebuah kegiatan produksi dengan sistem dorong yaitu produksi didasarkan pada volume bahan baku berupa TBS. Hal ini didasarkan pada sifat TBS yang harus segera diolah apabila ingin mendapatkan kualitas CPO dengan kadar asam lemak bebas (ALB) yang rendah. Sejumlah TBS akan tersedia disetiap periode yang bersumber dari kebun inti dan plasma. Jumlah TBS siap panen sangat dipengaruhi oleh produktivitas. Pada saat TBS siap untuk dipanen, maka tidak dapat ditunda lagi. Hal ini memberikan konsekuensi kenaikan jumlah produksi. Apabila tingkat permintaan stabil atau menurun, sedangkan produktivitas panen TBS meningkat maka tingkat persediaan di tangki timbun akan meningkat pula. Bila volume produksi CPO masih belum mencapai prakiraan permintaan, maka diperbolehkan membeli TBS dari sumber luar. Dalam formulasi matematis, TBS kebun inti seluruhnya diolah, sedangkan TBS dari kebun plasma lebih diprioritaskan daripada pasokan kebun luar.

Pemeriksaan TBS perlu dilakukan sebelum pengolahan untuk memberikan kepastian bahwa seluruh bahan telah memenuhi spesifikasi. Dalam kasus ini, dianggap akan selalu ditemui sejumlah TBS yang dianggap rusak seperti terdapat luka yang terlalu banyak, masih muda, atau hal-hal lain. Konsekuensinya adalah volume TBS yang diolah berkurang dalam jumlah tertentu. Hal ini mewakili prinsip pengendalian resiko penurunan kualitas CPO yang diakibatkan oleh TBS yang tidak memenuhi spesifikasi.

Tipe formulasi model adalah obyektif tunggal dengan beberapa kendala. Parameter-parameter penting dalam kumpulan kendala adalah rendemen, persentase TBS cacat, kapasitas tangki timbun, kapasitas pabrik, kapasitas tenaga kerja panen, dan ketersediaan truk angkut. Kebun plasma dan luar dianggap menjual TBS dengan manajemen panen dan transportasi menjadi tanggung jawab koperasi petani. Harga TBS plasma dan kebun luar sudah termasuk biaya panen dan transportasi.

Koefisien dengan nilai *fuzzy* akan ditemui pada biaya pembelian TBS dari kebun plasma dan luar. Harga jual TBS yang ditawarkan koperasi petani sebagai unit yang bertanggung jawab dalam penjualan selalu menetapkan harga yang berfluktuasi dalam rentang tertentu. Penetapan harga ini didasarkan harga CPO di pasar internasional. Lingkungan ketidakpastian juga akan ditemui pada ketersediaan TBS siap panen di kebun. Prakiraan TBS siap panen berada pada rentang nilai tertentu.

4. MODEL USULAN

Fungsi obyektif dalam model matematis adalah total biaya yang terdiri dari biaya pembelian TBS, biaya pengolahan TBS, biaya penimbunan, biaya tenaga kerja panen dan biaya pengangkutan TBS dari kebun ke pabrik. Formulasi matematisnya sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = \sum_{t=1}^n p_t S_t + \tilde{o}_t P_t + \tilde{c}_t L_t + b_t X_t + d_t I_t + u_t K_t + h_t T_t \quad (6)$$

Kendala pertama adalah ketersediaan TBS baik yang bersumber dari kebun sendiri, plasma dan luar. Prioritas pengolahan TBS adalah yang bersumber dari kebun sendiri sehingga seluruh TBS yang dipanen akan diolah seluruhnya. Kekurangan pasokan TBS akan diperoleh dari kebun plasma terlebih dahulu, dan apabila masih terjadi kekurangan maka membeli dari kebun luar. Hal ini menunjukkan adanya prioritas pasokan TBS. Formulasi matematisnya sebagai berikut:

$$S_t = \tilde{A}_t; P_t \leq \tilde{B}_t; L_t \leq \tilde{D}_t; P_t \geq L_t \quad (7)$$

Kendala kedua adalah volume produksi CPO yang dihasilkan sesuai pasokan TBS. Sebelum TBS diolah maka pemeriksaan spesifikasi dilakukan terlebih dahulu. Diperkirakan ada jumlah tertentu TBS yang tidak layak untuk diolah. Faktor rendemen TBS juga akan mempengaruhi CPO yang dihasilkan. Hubungan antara jumlah produksi CPO, TBS siap olah, faktor kualitas dan rendemen sebagai berikut:

$$X_t = (rs_t S_t + rp_t P_t + rl_t L_t) e_t \quad (8)$$

Jumlah produksi CPO tidak boleh melebihi prakiraan permintaan pada periode tertentu dan kapasitas pabrik. Hal ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$X_t \leq M_t; X_t \leq KP \quad (9)$$

Kendala ketiga adalah pengendalian persediaan CPO di tangki timbun. Status CPO di tangki timbun ditentukan oleh persediaan periode sebelumnya, produksi pada saat ini dan permintaan pada saat ini. Hubungannya dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$I_t = I_{t-1} + X_t - M_t \quad (10)$$

Kondisi tambahan yang perlu diperhatikan adalah kebijakan stok pengaman yang harus selalu dipenuhi disetiap periode. Formulasinya sebagai berikut:

$$I_t \geq SS_t \quad (11)$$

Selain itu, untuk menjamin CPO bisa disimpan didalam tangki timbun, maka persediaan tidak boleh melebihi kapasitas tangki timbun. Formulasinya sebagai berikut:

$$I_t \leq KT \quad (12)$$

Kendala keempat adalah kebutuhan tenaga kerja panen TBS tidak melebihi ketersediaan tenaga kerja yang ada. Kendala ini dibutuhkan bila terjadi panen puncak sehingga membutuhkan tenaga kerja tambahan diluar tenaga kerja tetap yang dimiliki kebun. Kondisi ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$Min BP_t \leq K_t \leq Maks BP_t \quad (13)$$

Tenaga kerja panen maksimum (*Maks BP_t*) dapat dihitung berdasarkan jumlah TBS yang dipanen dibagi dengan kemampuan panen per orang. Formulasinya sebagai berikut:

$$Maks BP_t = \frac{S_t}{KH} \quad (14)$$

Kendala kelima adalah kebutuhan truk pengangkut TBS tidak akan melebihi truk yang tersedia. Dalam hal ini diasumsi truk yang dibutuhkan dalam keadaan siap digunakan. Kapasitas setiap truk dianggap sama. Hal ini dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$T_t \leq KA_t \quad (15)$$

Kendala keenam berhubungan dengan nilai non-negativitas setiap variabel keputusan dan variabel keputusan jumlah truk dan tenaga kerja panen bertipe bilangan bulat (*general integer*). Keseluruhan simbol yang digunakan dapat dirangkum sebagai berikut:

Parameter-parameter

\tilde{A}_t : Prakiraan ketersediaan TBS dari kebun inti pada periode t dalam bilangan *fuzzy*

\tilde{B}_t : Prakiraan ketersediaan TBS dari kebun plasma pada periode t dalam bilangan *fuzzy*

\tilde{D}_t : Prakiraan ketersediaan TBS dari kebun luar pada periode t dalam bilangan *fuzzy*

BP_t : Ketersediaan tenaga kerja panen kebun inti pada periode t

- KH : Kemampuan memanen tenaga kerja (ton per orang)
- KP : Ketersediaan kapasitas pabrik
- M_t : Prakiraan permintaan CPO periode- t
- rs_t : Faktor rendemen TBS dari kebun inti
- rp_t : Faktor rendemen TBS dari kebun plasma
- rl_t : Faktor rendemen TBS dari kebun keluar
- e_t : Persentase TBS yang tidak memenuhi spesifikasi pada periode- t
- KT : Kapasitas tangki timbun
- SS_t : Tingkat persediaan pengaman pada periode- t
- KA_t : Truk yang tersedia pada periode- t
- b_t : Biaya pengolahan TBS per ton periode- t .
- u_t : Biaya tenaga kerja panen di kebun inti pada periode- t
- d_t : Biaya di tangki timbun pada periode- t
- p_t : Harga TBS per ton dari kebun inti pada periode- t
- \tilde{o}_t : Harga TBS per ton dari kebun plasma pada periode- t
- \tilde{c}_t : Harga TBS per ton dari kebun luar pada periode- t
- h_t : Biaya pengangkutan TBS periode- t

Variabel-variable keputusan

- X_t : Jumlah produksi CPO pada periode- t
- I_t : Jumlah persediaan tangki timbun pada periode- t
- K_t : Jumlah tenaga kerja panen di kebun inti pada periode- t
- T_t : Jumlah truk yang dibutuhkan pada periode- t
- S_t : Kuantitas TBS dari kebun inti periode- t
- P_t : Kuantitas TBS dari kebun plasma periode- t
- L_t : Kuantitas TBS dari kebun luar periode- t

Model perencanaan produksi yang diusulkan ini mengakomodir preferensi pengambil keputusan yang direpresentasikan oleh nilai μ dalam kurva S (lihat Gambar 1). Preferensi adalah kecenderungan sikap pengambil keputusan dalam pengambilan keputusan. Dalam model perencanaan produksi ini, preferensi pengambil keputusan dirumuskan sebagai sikap pesimis, optimis dan moderat. Sikap pengambil keputusan diperlukan karena fluktuasi harga TBS dan pengaruh cuaca terhadap ketersediaan TBS bernilai *fuzzy*. Berdasarkan kurva S, formulasi preferensi pengambil keputusan sebagai berikut:

$$NP = 1 - \mu_{aij,bi} \tag{16}$$

NP adalah nilai preferensi yang berada pada rentang 0,1–0,9. Rentang nilai ini akan mencerminkan penilaian pengambil keputusan terhadap situasi sistem pada saat itu dan kecenderungannya ke depan. Preferensi pengambil keputusan akan diwujudkan dalam bentuk penyetaraan rentang nilai dengan sikap. Pengelompokan sikap pengambil keputusan sebagai berikut:

Tabel 1. Penyetaraan nilai preferensi dan sikap

Nilai preferensi (NP)	Tipe sikap
$\geq 0,9$	Sangat optimis
0,7 – 0,8	Optimis
0,5 – 0,6	Biasa
0,3 – 0,4	Pesimis
0,1 – 0,2	Sangat pesimis

Cara menggunakan Tabel 1 adalah mengubah sikap menjadi NP dan dikonversi kedalam nilai μ menggunakan persamaan (16) sehingga bisa diperoleh nilai koefisien program linear setelah defuzifikasi. Nilai μ dimasukkan kedalam persamaan (3) dan (4) sehingga diperoleh nilai sebenarnya a_{ij} dan b_i .

Pengembangan model perencanaan produksi ini masih mempertahankan teknik penyelesaian program linear seperti biasa. Keberadaan koefisien *fuzzy* dapat didefuzifikasi dengan adanya penetapan parameter μ sebagai preferensi pengambil keputusan.

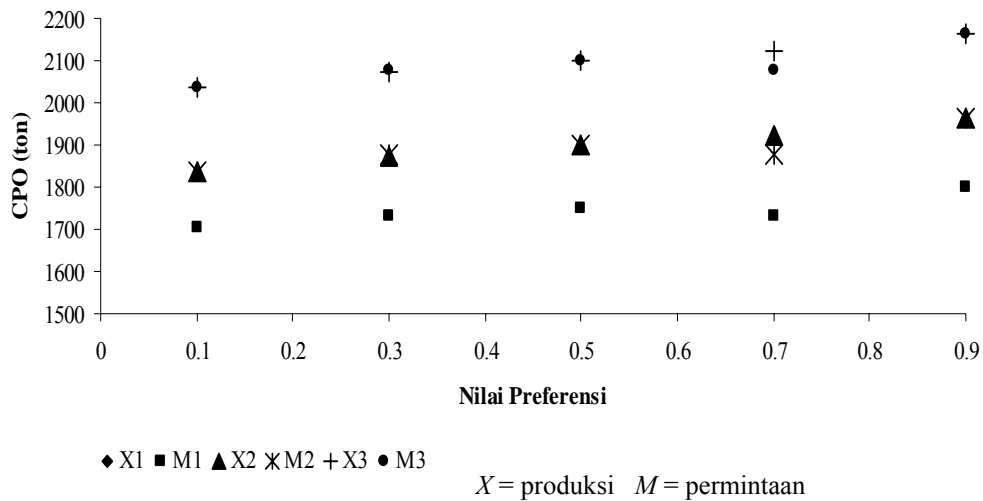
5. PEMBAHASAN

Bagian ini akan memberikan sebuah contoh sehingga diketahui mekanisme model bekerja sekaligus sebagai proses verifikasi. Contoh kasus menggunakan data yang diadaptasi dari sebuah perusahaan perkebunan yang mempunyai sistem PIR. Model diterapkan untuk berbagai jenis skenario dengan NP antara 0,1 sampai 0,9. Dalam kasus ini merencanakan jumlah produksi untuk tiga periode. Tabel 2 adalah unit optimal setiap variabel keputusan berdasarkan nilai preferensi pengambil keputusan.

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam mengamati hasil keluaran model. Pertama adalah nilai fungsi obyektif dan kedua adalah jumlah produksi terhadap permintaan. Nilai fungsi obyektif perlu diperhatikan karena menjadi ukuran kinerja perencanaan. Jumlah produksi perlu diperhatikan juga karena tujuan pokok dari model adalah menentukan volume produksi CPO sehingga bisa memenuhi permintaan pada tingkat biaya produksi yang wajar atau minimum. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.

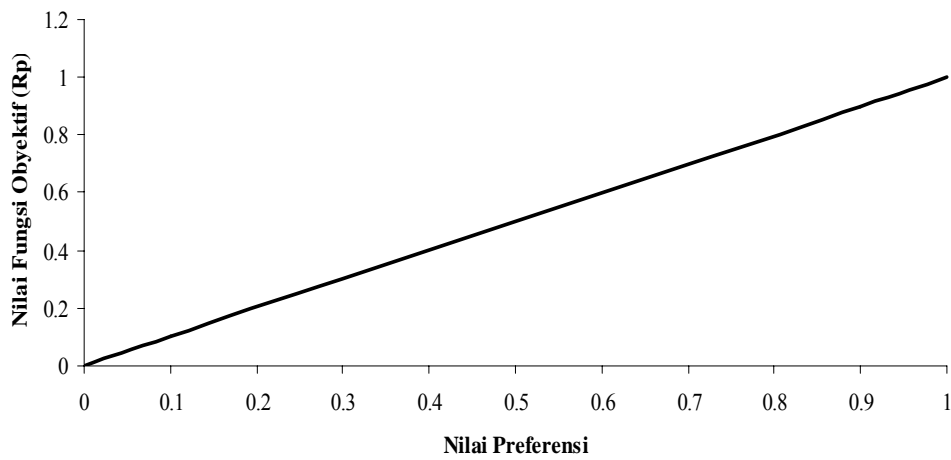
Tabel 2. Unit optimal berdasarkan nilai preferensi

Variabel keputusan	Nilai preferensi (NP)				
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
S_1	3341	3439	3439	3561	3659
S_2	3540	3623	3623	3727	3810
S_3	3841	3939	3939	4061	4159
P_1	4341	4439	4500	4561	4659
P_2	4841	4939	5000	5061	5159
P_3	5341	5439	5500	5561	5659
L_1	2105	2069	2119	2016	1981
L_2	2879	2936	3041	3016	3073
L_3	2585	2609	2705	2648	2672
X_1	1697	1727	1745	1763	1793
X_2	1836	1875	1900	1925	1964
X_3	2036	2075	2100	2125	2164
I_1	20	20	20	20	20
I_2	20	20	20	20	20
I_3	20	20	20	20	20
K_1	38	39	39	40	41
K_2	40	41	41	42	43
K_3	43	44	44	46	47
T_1	17	18	18	18	19
T_2	18	19	19	19	20
T_3	20	20	20	21	21



Gambar 2. Plot produksi dan permintaan

Pada Tabel 2 disajikan seluruh nilai variabel keputusan yang dihasilkan dengan horizon perencanaan selama tiga periode. Bila pengambil keputusan semakin optimis, maka total biaya juga akan meningkat. Hasil studi yang dilakukan Vasant (2003, 2006) juga memperlihatkan kecenderungan linear dengan meningkatnya nilai μ . Perhatikan juga Gambar 3, kita bisa melihat bahwa pada NP = 0,7 volume produksi relatif lebih besar dibandingkan dengan permintaan. Fenomena ini biasa saja karena produksi dilakukan untuk memenuhi permintaan ditambah stok pengaman di tangki timbun.



Gambar 3. Nilai fungsi obyektif berdasar nilai preferensi

Model yang dikembangkan ini menjadi dasar dalam perancangan sistem penunjang keputusan yang lebih interaktif. Teknik memposisikan nilai fungsi keanggotaan sebagai preferensi masih bisa terus dikembangkan untuk fungsi-fungsi yang non-linear. Model ini menjanjikan peluang pengembangan yang lebih menarik apabila dilengkapi lagi dengan model-model non-linear yang memang sering ditemui pada masalah perencanaan produksi.

6. KESIMPULAN

Model yang dikembangkan dalam studi ini telah mempertimbangkan kedua faktor penting tersebut untuk kasus agroindustri CPO. Teknik yang digunakan dalam pemodelan adalah program linear dan sistem *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan kurva S yang dimodifikasi. Keunggulan model yang dikembangkan ini adalah melibatkan preferensi pengambil keputusan dalam perencanaan produksi melalui lima tipe sikap, yaitu sangat optimis, optimis, biasa, pesimis dan sangat pesimis.

Rancangan sistem yang diusulkan dalam studi ini masih menggunakan konsep program linear obyektif tunggal khususnya pada perencanaan produksi agregat sehingga masih bisa dipelajari secara mendalam untuk memasukkan situasi *fuzzy* dalam program obyektif majemuk. Disamping itu, sifat non-linear juga bisa ditemui pada kenyataan kegiatan manajemen produksi sehingga program non-linear perlu dipertimbangkan untuk studi selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrizal dan Marimin, 2004. "Aplikasi *Fuzzy* Linear Programming untuk Optimasi Formulasi Ransum Unggas." *Jurnal Keteknik Pertanian*, Vol. 18, p. 77–85.
- Basiron, Y., and Weng, C.K., 2005. "The Role of Research and Development Strategies in Food Safety and Good Agricultural, Manufacturing and Distribution Practice in Malaysian Palm Oil Industry." *Oil Palm Industry Economic Journal*, Vol. 5, p. 1–16.
- Chiu, H.N., 1995. "A Heuristic (R, T) Periodic Review Perishable Inventory Model with Lead Times." *International Journal of Production Economics*, Vol. 42, p. 1–15.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y.E., Satyawibawa, I., dan Hartono, R., 2006. *Kelapa Sawit*, Penerbit Penebar Swadaya, Depok.
- Filho, A.T.A., Souza, F.M.C., and Almeida, A.T., 2006. "A Multicriteria Decision Model for Aggregate Planning Based on the Manufacturing Strategy." *Third International Conference on Production Research Third Research–Americas' Region*.
- Gosh, S.K., and Chaudhuri, K.S., 2005. "An EOQ Model for a Deteriorating Item with Trended Demand and Variable Backlogging with Shortages in All Cycles." *Advanced Modeling and Optimization*, Vol. 7, No. 1, p. 57–68.
- Hadiguna, R.A., dan Marimin, 2007. "Alokasi Pasokan Berdasarkan Produk Unggulan untuk Rantai Pasok Sayuran Segar." *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 9, No. 2, p. 85–101.
- Kandiah, S., Halim, R.M., Basiron, Y., Rahman, Z.A., and Ngan, M.A., 2002. "Continuous Sterilization of Fresh Fruit Bunches." *MPOB Information Series* 148.
- Martin, G.E., 1986. "An Optimal Decision Model for Disposal of Perishable Inventory." *International Journal of Production Research*, Vol. 24, p. 73–80.
- Nahmiah, S., 1982. "Perishable Inventory Theory: A Review." *Operations Research*, Vol. 30, p. 680–708.
- Pahan, I., 2006. *Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*, Penerbit Penebar Swadaya, Depok.

- Smith, S.B., 1989. *Computer-Based Production and Inventory Control*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Susanto, S., D., Suryadi, H., Adiarto, dan Aritonang, Y.M.K., 2006. "Pemodelan Pemrograman Linear dengan Koefisien Fungsi Obyektif Berbentuk Bilangan Kabur Segitiga dan Kendala Kabur beserta Usulan Solusinya." *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 8, No. 1, p. 14–27.
- Techawiboonwong, A., and Yenradee, P., 2002. "Aggregate Production Planning Using Spreadsheet Solver: Model and Case Study." *Science Asia*, Vol. 28, p. 291–300.
- Tsobune, H., Muramatsu, R., and Soshirodas, M., 1986. "A Production Model for Agricultural Processing Products." *International Journal of Production Research*, Vol. 24, p. 799–809.
- Vasant, P.M., 2003. "Application of Fuzzy Linear Programming in Production Planning." *Fuzzy Optimization and Decision Making*, Vol. 3, p. 229–241.
- Vasant, P.M., 2006. "Fuzzy Production Planning and Its Application to Decision Making." *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 17, p. 5–12.