

ALOKASI PASOKAN BERDASARKAN PRODUK UNGGULAN UNTUK RANTAI PASOK SAYURAN SEGAR

Rika Ampuh Hadiguna

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Andalas Padang
E-mail: hadiguna@ft.unand.ac.id

Marimin

Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

ABSTRAK

Penerapan kecerdasan buatan dengan logika *fuzzy* bisa menjadi salah satu cara untuk mengatasi situasi rantai pasok dalam lingkungan ketidakpastian. Perhatian yang lebih luas untuk pembahasan rantai pasok menggunakan teknik *fuzzy* masih sangat dibutuhkan. Studi ini bertujuan menerapkan logika *fuzzy* dalam penentuan alokasi pasokan untuk produk unggulan pada rantai pasok agroindustri sayuran. Model yang terdiri dari tiga sub model. Sub model pertama adalah penentuan jenis sayuran yang diunggulkan menggunakan kombinasi teknik pareto dan metode perbandingan eksponensial (MPE). Sub model kedua adalah sistem pakar untuk menentukan kebutuhan pasokan menggunakan logika *fuzzy*. Sub model ketiga adalah optimasi alokasi pasokan menggunakan program linear obyektif majemuk *fuzzy*. Model yang dibangun kemudian diterapkan pada sebuah perusahaan agroindustri sayuran dengan produk unggulan terpilih adalah paprika merah. Analisis terhadap perilaku model juga dilakukan untuk skenario pesimis dan optimis.

Kata kunci: *fuzzy*, sistem pakar, MPE, obyektif majemuk, sayuran

ABSTRACT

Application of artificial intelligent by using fuzzy logic can be one of way to handle supply chain situation in uncertainty environment. It was widely concern to study a supply chain using fuzzy logic that most needed. Ain of the study was apply fuzzy logic in determination of supply allocation for superior product in vegetables supply chain. Models was developed in three sub models. First was determination vegetables types that superior by using pareto technique and exponential compaarison method (MPE). Second was expert system to determine supply needed and finally was optimizing supply allocation using fuzzy multi-objective linear programming. The model was applied in a vegetables agroindustry that superior product selected was red paprica. Analysis againts model behaviour is conducted for pesimistic and optimistic scenarios.

Keywords: *fuzzy, expert system, MPE, multiobjective, vegetables*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan studi rantai pasok sangat pesat perkembangannya. Beragam model telah dikembangkan. Pada umumnya model berdasarkan program matematis dengan berbagai teknik diantaranya Vidal & Goetschalkx (2001) menggunakan program non linear, Shervais & Shannon (2000) dan Gigler *et al.* (2002) menggunakan program dinamis, LeBlanc *et al.* (2004)

menggunakan program linear, Wouda *et al.* (2001), Gunnarsson *et al.* (2004), Bredström *et al.* (2004) dan Contesse *et al.* (2005) menggunakan program integer campuran, Bogataj *et al.* (2005) menggunakan teknik diferensial. Penerapan kecerdasan buatan menjadi salah satu cara untuk mengatasi rantai pasok dalam lingkungan ketidakpastian. Salah satu metode yang cukup dikenal adalah logika *fuzzy*. Menurut Petrovic *et al.* (1999) penerapan logika *fuzzy* dalam manajemen rantai pasok cukup beralasan karena memiliki kemampuan komputasi yang diperlukan untuk menghadapi situasi yang tidak tegas sebagai akibat efek *bullwhip*. Menurut Lee *et al.* (1997) ada empat penyebab mayor efek *bullwhip* yaitu prakiraan permintaan, *batching* pemesanan, fluktuasi harga serta kemampuan pasokan.

Penerapan logika *fuzzy* dalam rantai pasok telah dibahas oleh Petrovic *et al.* (1999), Carlsson dan Fuller (2000), Panda & Kar (2005), Rotshtein & Rakityanskaya (2006) dan Getharamani *et al.* (2006) mengembangkan model persediaan dalam kerangka manajemen rantai pasok. Perhatian yang lebih luas untuk pembahasan rantai pasok menggunakan teknik *fuzzy* masih sangat dibutuhkan. Pada rantai pasok sayuran, penentuan jumlah dan alokasi pasokan dari berbagai sumber menjadi masalah karena situasi yang sebenarnya tidak tegas pada jumlah tertentu dan tidak dapat digambarkan secara persis.

Studi ini bertujuan menerapkan logika *fuzzy* dalam pada rantai pasok agroindustri sayuran dengan memilih jenis produk yang diunggulkan, menerapkan sistem inferensi *fuzzy* untuk menentukan jumlah pasokan dengan mempertimbangkan permintaan dan persediaan dan membangun model program linear *fuzzy* obyektif majemuk untuk menentukan kombinasi pasokan optimal dari setiap pemasok yang dipertimbangkan. Studi dilakukan pada sebuah perusahaan agroindustri hortikultura dengan salah satu produknya adalah sayuran. Alternatif pemasok didasarkan kebijakan kemitraan yang telah dilakukan oleh perusahaan selama ini. Rantai pasok yang dibahas dalam studi ini adalah pemasok dan pemrosesan. Pendistribusian kesetiap pelanggan secara rinci tidak dibahas dalam studi ini.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Rantai Pasok Agroindustri

Produk sayur-sayuran di Indonesia memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi komoditas unggulan ekspor. Namun komoditi sayuran Indonesia dinilai masih belum mampu bersaing. Hal ini disebabkan karena sayur-sayuran dari Indonesia masih belum dapat memberikan jaminan kualitas, pasokan, dan ketepatan waktu penyampaiannya. Menurut Morgan *et al.* (2004) kendala utama dalam rantai pasok sayuran adalah perencanaan, sosialisasi dan pengiriman. Pada tingkat perusahaan, manajemen rantai pasok merupakan salah satu tulang punggung keberhasilan dalam memenangkan persaingan bisnis. Rantai pasok agroindustri sayuran akan melibatkan rangkaian kegiatan pasokan sayuran, pemrosesan, persediaan dan pengiriman kepada pelanggan. Pelanggan menginginkan kuantitas pasokan sayuran sesuai rencana kebutuhan, tingkat kualitas yang baik dan jadwal pengiriman sesuai rencana. Fluktuasi permintaan dan penurunan kualitas merupakan faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam manajemen rantai pasok sayuran. Seri rantai pasok yang dibentuk dari komponen transportasi, produksi, persediaan dan distribusi direncanakan dengan memperhatikan faktor-faktor kunci yang berorientasi pada kepuasan pelanggan. Manajemen rantai pasok agroindustri secara operasional perlu didukung dengan sebuah teknik pengambilan keputusan yang mengakomodir sisi pelanggan dan pasokan produk. Sejauh ini masih jarang ditemukan pembahasan tentang rantai pasok sayuran segar. Model-model sebelumnya tidak spesifik untuk masalah agroindustri. Berdasarkan hal ini, maka diperlukan model optimasi untuk rantai pasok agroindustri sayuran segar.

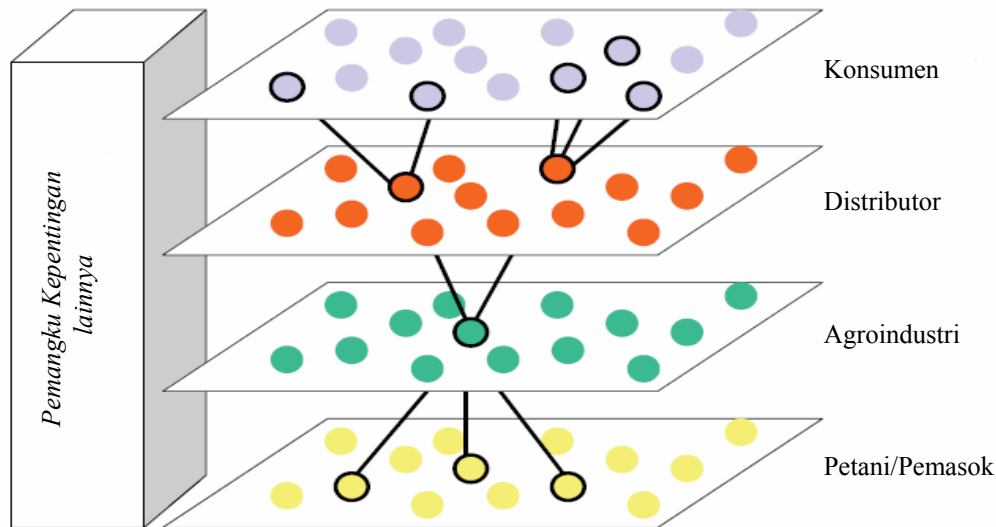
Salah satu faktor kunci yang perlu diperhatikan dalam rantai pasok sayuran adalah pasokan. Perusahaan tidak sepenuhnya mampu memproduksi sayuran karena keterbatasan kapasitas dan pertimbangan ekonomis lainnya. Oleh karena itu, keberadaan pemasok di luar perusahaan sangat diperlukan untuk memenuhi tingkat permintaan. Penentuan jumlah pasokan sayuran merupakan keputusan untuk bisa mempertemukan dorongan pasokan dan fluktuasi permintaan. Logika *fuzzy* merupakan teknik yang cocok untuk bisa membantu manajemen dalam menentukan jumlah pasokan.

Pengelolaan rantai pasok ini dikenal dengan istilah manajemen rantai pasok. Manajemen rantai pasok adalah keterpaduan antara perencanaan, koordinasi dan kendali seluruh proses dan aktivitas bisnis dalam rantai pasok untuk menghantarkan nilai superior dari konsumen dengan biaya termurah kepada pelanggan. Rantai pasok lebih ditekankan pada seri aliran bahan dan informasi, sedangkan manajemen rantai pasok menekankan pada upaya memadukan kumpulan rantai pasok (Vorst 2004). Berdasarkan pengertian yang luas ini, maka beberapa model yang telah dikembangkan antara lain Korpela *et al.* (2002) menggunakan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) untuk alokasi kapasitas produksi, Aghezzaf (2005) menggunakan relaksasi Lagrangian untuk pemilihan lokasi pabrik dan perencanaan kapasitasnya, Jung *et al.* (2004) menggunakan teknik simulasi dan masih banyak ragam metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah dalam manajemen rantai pasok.

Salah satu tipe masalah yang berkembang saat ini dibidang manajemen rantai pasok adalah penanganan produk-produk *perishable*. Pada umumnya model yang dikembangkan lebih fokus pada penanganan persediaan menggunakan teknik matematis diferensial seperti Abad (2000), Mehta & Shah (2003) dan Kalpakhan & Shanti (2006). Pada tingkat agroindustri, manajemen rantai pasok memberikan perhatian pada pasokan, persediaan dan transportasi pendistribusian sebagai strategi mengurangi resiko kerusakan atau penurunan kualitas produk secara total.

Menurut Austin (1981) agroindustri menjadi pusat rantai pertanian yang berperan penting dalam meningkatkan nilai tambah produk pertanian di pasar. Agroindustri membutuhkan pasokan bahan baku yang berkualitas dan jumlah yang sesuai dengan kebutuhan. Menurut Brown (1994) untuk mendapatkan pasokan bahan baku yang berkualitas diperlukan standar dasar komoditas, sedangkan kuantitas pasokan perlu memperhatikan produktivitas tanaman. Gambar 1 merupakan aliran produk disetiap tingkatan rantai pasok dalam konteks jejaring rantai pasok pertanian menyeluruh. Setiap perusahaan diposisikan dalam sebuah titik dalam lapisan jejaring.

Pembahasan rantai pasok agroindustri telah lama dilakukan dan sampai saat ini terus berkembang seiring dengan dinamika bisnis. Beierlein *et al.* (1992) menggunakan algoritma aliran jejaring untuk pendistribusian daging ayam, Wouda *et al.* (2001) menggunakan program linear untuk komoditas susu, Vorst *et al.* (2001) untuk agroindustri peternakan dan Zee & Vorst (2005) menggunakan model simulasi untuk membahas persediaan dan distribusi untuk produk pangan. Beberapa hasil penelitian ini memperlihatkan perkembangan baik pembahasan dalam rantai pasok agroindustri untuk berbagai komoditas. Rantai pasok sayuran merupakan salah satu masalah yang menarik untuk dipelajari dan dikembangkan model pengambilan keputusannya.



Gambar 1. Skema rantai pasok pertanian (Sumber: Vorst 2004)

2.2 Penerapan Logika Fuzzy dalam Manajemen Rantai Pasok

Logika *fuzzy* adalah suatu cara untuk memetakan suatu ruang masukan ke dalam suatu ruang keluaran. Beberapa alasan menggunakan logika *fuzzy* antara lain mudah dimengerti, sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat, mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks, mampu mengakomodir pengalaman para pakar dan menggunakan bahasa alami (Kusumadewi 2003). Menurut Marimin (2005) sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamik serta mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti dan tidak tepat. Sistem intelijen merupakan bagian ilmu yang menggunakan bantuan komputer untuk dapat melakukan pekerjaan seperti dan sebaik yang dilakukan manusia. Perbedaan komputasi secara konvensional dan kecerdasan buatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Ada beberapa fungsi representasi yang telah dikenal dan biasa digunakan yaitu: linear, kurva segitiga, trapesium, bentuk bahu, kurva-S, kurva lonceng (*Bell Curve*), kurva π , kurva beta, kurva Gaussian (Marimin 2005, Kusumadewi 2002). Penerapan *fuzzy* saat ini sering diintegrasikan dengan teknik pengambilan keputusan seperti *fuzzy* dan AHP (Mikhailov 2000, Mikhailov 2003, Mikhailov dan Tsvetinov 2004, Hwang & Hwang 2006). Disamping itu, model program linear *fuzzy* telah banyak dikembangkan diantaranya oleh Martinson (1993), León *et al.* (2002), Inuiguchi dan Tanino (2002), Chen (2003), Rakas *et al.* (2004) dan Güneş, dan Hop (2007). Secara khusus penggunaan *fuzzy* dibidang agroindustri yang telah dilakukan antara lain oleh Adrizal & Marimin (2004) untuk menentukan kombinasi optimum ransum unggas menggunakan program linear *fuzzy* dan Vasant *et al.* (2005) menerapkan program linear *fuzzy* untuk kombinasi bahan pembuatan cokelat. Tentunya masih banyak lagi penerapan *fuzzy* dalam berbagai bidang.

Tabel 1. Perbedaan kecerdasan buatan dan komputasi konvensional

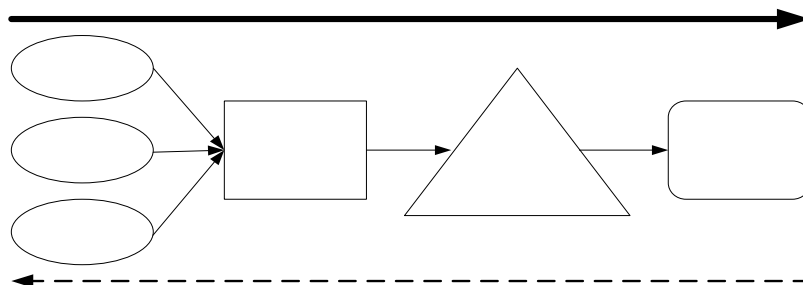
Dimensi	Kecerdasan Buatan	Komputasi Konvensional
Pemrosesan	Mengandung konsep-konsep simbolik	Algoritmik
Sifat masukan	Bisa tidak lengkap	Harus lengkap
Pencarian	Kebanyakan bersifat heuristik	Biasanya didasarkan pada algoritma
Keterangan	Disediakan	Biasanya tidak disediakan
Fokus	Pengetahuan	Data dan informasi
Struktur	Kontrol dipisahkan dari pengetahuan	Kontrol terintegrasi dengan informasi (data)
Sifat keluaran	Kuantitatif	Kualitatif
Pemeliharaan dan update	Relatif mudah	Sulit
Kemampuan menalar	Ada	Tidak

(Sumber: Kusumadewi 2003)

3. METODOLOGI

3.1 Kerangka Pemikiran

Studi dilakukan pada sebuah perusahaan agroindustri hortikultura yang memproduksi sayuran segar. Sistem rantai pasok yang dimodelkan berdasarkan hasil pengamatan lapang, wawancara dan laporan penelitian tentang manajemen operasional sayuran. Komponen-komponen dari rantai pasok sayuran hasil pengamatan terdiri dari pasokan yang berasal dari produksi internal atau sendiri, mitra beli dan mitra tani. Pasokan ini selanjutnya diproses dan disimpan di fasilitas pemrosesan untuk menunggu proses pengiriman ke pelanggan sesuai jadwal yang telah ditentukan. Diagram alir rantai pasok sayuran dari sistem yang dimodelkan sebagai berikut:



Gambar 2. Sistem Rantai Pasok Sayuran yang Dimodelkan

3.2 Formulasi Model

Dalam studi ini perencanaan pasokan dilakukan untuk satu jenis sayuran yang berkontribusi paling besar terhadap penjualan. Berdasarkan hal ini maka dibangun beberapa sub model sebagai tahapan untuk mendapatkan jumlah alokasi pasokan untuk setiap pemasok. Tahapan pembangunan model alokasi pasokan terdiri dari pemilihan produk unggulan, perencanaan kebutuhan pasokan dan alokasi pasokan kepada setiap pemasok.

3.2.1 Model Pemilihan Produk

Sub model kesatu adalah model yang digunakan untuk memilih produk unggulan berdasarkan kontribusi produksi atau penjualan terbesar. Pada sub model ini diterapkan teknik analisis pareto dan metoda perbandingan eksponensial. Teknik pareto digunakan untuk menyaring jenis-jenis sayuran yang masuk kategori kontribusi terbesar dalam penjualan. Data yang dibutuhkan adalah jenis-jenis sayuran yang diproduksi serta jumlah produksi tahun terakhir.

Selanjutnya, kumpulan sayuran terpilih dari teknik pareto dipilih satu jenis menggunakan metode perbandingan eksponensial. Metode ini membutuhkan pendapat pakar yang berasal dari dalam perusahaan. Bentuk umum formulasi model sebagai berikut (Marimin 2004):

$$TN_i = \sum_{j=1}^m (RK_{ij})^{TKK_j} \quad (1)$$

TN_i adalah total nilai jenis sayuran ke- i ; RK_{ij} adalah derajat kepentingan relatif kriteria ke- j pada pilihan keputusan ke- i ; TKK_j adalah derajat kepentingan kriteria keputusan ke- j ; $TKK > 0$ (bilangan bulat); m adalah jumlah kriteria keputusan.

3.2.2 Model Perencanaan Pasokan

Sub model kedua adalah model sistem pakar *fuzzy* yang dibangun dengan tujuan menentukan jumlah kebutuhan pasokan sayuran. Sub model ini membutuhkan masukan dari sub model sebelumnya yaitu jenis sayuran terpilih. Sub model 2 ini menggunakan aturan-aturan yang dibangun berdasarkan pendapat pakar yang berasal dari dalam perusahaan. Variabel-variabel yang terlibat dalam model ini adalah permintaan, persediaan dan pasokan. Defuzzifikasi menggunakan rata-rata terbobot dengan sistem inferensi *fuzzy* menggunakan metoda Sugeno. Menurut Petrovic *et al.* (1999), tipe fungsi keanggotaan yang banyak digunakan dalam rantai pasok adalah bentuk segitiga, kurva S dan bentuk trapesium. Dalam studi ini yang digunakan adalah bentuk linear untuk persediaan, linear dan trapesium untuk permintaan dan linear untuk pasokan.

3.2.3 Model Alokasi Pasokan

Sub model ketiga adalah model untuk menentukan jumlah alokasi pasokan dari setiap pemasok. Model yang digunakan adalah program linear obyektif majemuk. Fungsi obyektif yang digunakan adalah biaya pembelian, kualitas dan pengiriman. Formulasi model dan prosedur penyelesaian merujuk pada Kagnicioglu (2006). Bentuk umum formulasi sebagai berikut:

$$\text{Minimisasi } Z_2 = \sum_i^n q_i x_i \quad (2)$$

$$\text{Maksimisasi } Z_3 = \sum_i^n d_i x_i \quad (3)$$

$$\text{Minimisasi } Z_1 = \sum_i^n c_i x_i \quad (4)$$

Dengan kendala:

$$\sum_i^n x_i = S \text{ (Kendala crisp)} \quad (5)$$

$$x_i \leq \tilde{A}_i \text{ (Kendala fuzzy)} \quad (6)$$

$$c_i x_i \leq B_i \text{ (Kendala crisp)} \tag{7}$$

$$x_i \geq 0 \tag{8}$$

Persamaan (2)-(3) adalah obyektif yang ingin dicapai yaitu minimisasi biaya pembelian, minimisasi jumlah sayuran yang rusak dan maksimisasi ketepatan jadwal pengiriman. Kendala dari program linear ini terdiri dari kendala *crisp* dan kendala *fuzzy*. Kendala (5) adalah kebutuhan jumlah pasokan yang bersifat *crisp*, kendala (6) adalah kemampuan pemasok yang bersifat *fuzzy* dan kendala (7) adalah ketersediaan anggaran yang dialokasikan untuk setiap pemasok yang bersifat *crisp*. Konversi bentuk *fuzzy* menjadi *crisp* dilakukan dengan mendefinisikan fungsi keanggotaan individual. Program linear fungsi obyektif yang diformulasikan dalam studi ini ada yang minimisasi dan maksimisasi. Untuk mendapatkan fungsi keanggotaan kedua tipe yang berbeda tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\mu_1(Z(x)) = \begin{cases} 1 & ; \text{jika } Z_1(x) \leq L_1; \\ \frac{U_1 - Z_1(x)}{U_1 - L_1} & ; \text{jika } L_1 \leq Z_1(x) \leq U_1 \\ 0 & ; \text{jika } Z_1(x) \geq U_1 \end{cases} \tag{9}$$

$$\mu_2(Z(x)) = \begin{cases} 1 & ; \text{jika } Z_2(x) \leq L_1; \\ \frac{Z_2(x) - L_2}{U_2 - L_2} & ; \text{jika } L_2 \leq Z_2(x) \leq U_2 \\ 0 & ; \text{jika } Z_2(x) \geq U_2 \end{cases} \tag{10}$$

U_1 adalah batas atas dan L_1 batas bawah untuk fungsi obyektif dengan tipe minimisasi, sedangkan U_2 adalah batas atas dan L_2 batas bawah untuk fungsi obyektif dengan tipe maksimisasi. Untuk mendapatkan nilai batas atas dan bawah dapat dihitung dengan formulasi: $U_k = (Z_k)^{maks} = \text{Maks } Z_k(x)$ dan $L_k = (Z_k)^{min} = \text{Min } Z_k(x)$ untuk $k = 1,2,3$. U_k dan L_k dihitung dengan penyelesaian masalah obyektif majemuk sebagai obyektif tunggal. Setiap fungsi obyektif diselesaikan dengan mendapatkan nilai Z minimum untuk batas bawah dan maksimum untuk batas atas. Nilai $(Z_k)^{min}$ ke $(Z_k)^{maks}$ dipertimbangkan sebagai bilangan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan linear.

Kendala pasokan yang bersifat *fuzzy* karena setiap pemasok memiliki batas kemampuan. Batas kemampuan pasokan terbagi tiga yakni pesimis, normal dan optimis. Fungsi keanggotaan yang digunakan bentuk segitiga. Untuk mengkonversi nilai *fuzzy* menjadi *crisp* diperlukan teknik konversi yang memanfaatkan nilai bobot. Dalam model ini digunakan teknik yang dibuat oleh Kagnicioglu (2006) dengan memberi bobot yang sama sebesar 1/6 untuk kondisi pesimis dan optimis dan 4/6 untuk kondisi sangat mungkin. Formulasi matematisnya sebagai berikut:

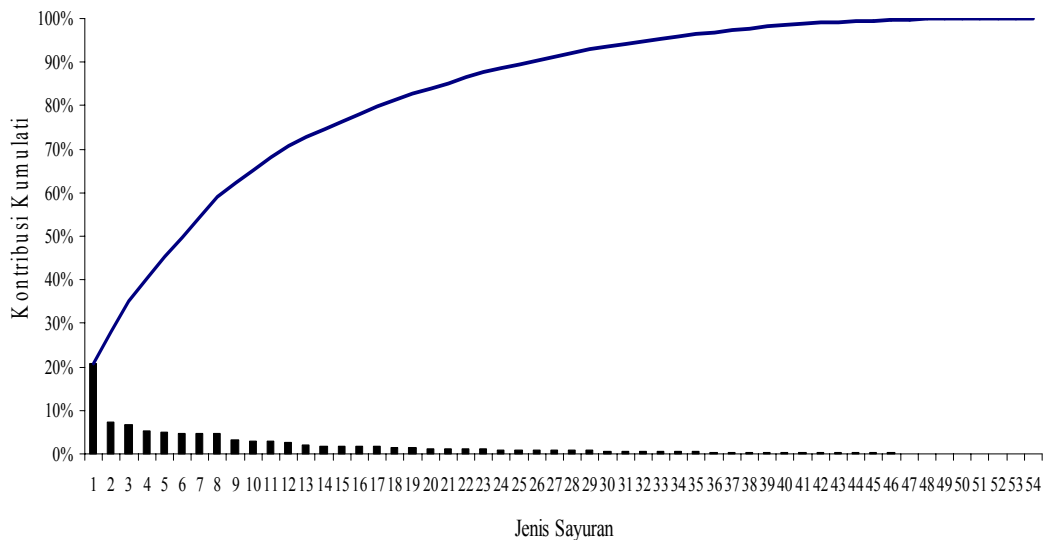
$$x_i \leq w_1 U_{i,\beta}^p + w_2 U_{i,\beta}^m + w_3 U_{i,\beta}^o, \quad i = 1,2,\dots,n. \tag{11}$$

Dimana $w_1 + w_2 + w_3 = 1$. w_1 , w_2 dan w_3 adalah bobot sangat pesimis, sangat mungkin dan sangat optimis. Setelah proses konversi menjadi bentuk *crisp* dilakukan, selanjutnya adalah menyelesaikan persamaan dengan teknik program linear biasa. Untuk mengetahui perilaku dari model maka dibahas juga untuk skenario pesimis dan optimis untuk mengetahui keputusan alokasi sehingga pengambil keputusan bisa membandingkannya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemilihan Produk Unggulan

Langkah awal yang perlu dilakukan adalah menentukan jenis sayuran yang diunggulkan. Tahap ini menerapkan sub model pemilihan produk unggulan yang menggunakan teknik pareto dan metode perbandingan eksponensial. Jumlah jenis sayuran yang dianalisis sebanyak 54 jenis. Ragam sayuran yang mampu diproduksi oleh perusahaan sangat banyak. Namun, tidak seluruh jenis sayuran mampu diproduksi sendiri. Keterbatasan inilah yang mendorong perusahaan untuk membangun kerjasama dalam bentuk mitra tani dan mitra beli. Kondisi ini sangat dimungkinkan karena perusahaan berada di wilayah pertanian sayuran. Hasil perhitungan persentase kontribusi penjualan setiap produk selanjutnya dikumulatifkan untuk mendapatkan kontribusi keseluruhan. Untuk mendapatkan jenis sayuran yang diunggulkan maka diperlukan *plotting* grafik pareto. Gambar 3 adalah grafik pareto pengelompokan jenis sayuran. Berdasarkan analisis pareto ini dapat diklasifikasikan jenis-jenis sayuran menjadi tiga kelompok yaitu kelompok A, kelompok B dan kelompok C. Pengelompokan ini didasarkan pada prinsip pareto dimana pengelompokan A untuk rentang sampai dengan 80%, kelompok B adalah 80-90% dan kelompok C adalah 90-100% (Smith 1989).



Gambar 3. Grafik Pareto Pemilihan Jenis Sayuran

Kelompok A yang menjadi fokus adalah jenis sayuran yang dianggap memiliki kontribusi cukup besar terhadap total jumlah penjualan. Jumlah jenis sayuran pada kelompok A ada sebanyak 17 jenis sayuran. Nama-nama sayuran yang masuk kelompok A dapat dilihat pada Tabel 2. Sementara itu, kelompok B dan kelompok C masing-masing terdiri dari 9 dan 28 jenis sayuran. Pemilihan jenis sayuran yang diunggulkan hanya mempertimbangkan alternatif-alternatif dari jenis-jenis sayuran pada kelompok A. Pemilihan jenis sayuran yang diunggulkan menggunakan metode perbandingan eksponensial. Jenis-jenis sayuran kelompok A adalah alternatif yang akan dipilih. Kriteria-kriteria yang digunakan dalam analisis adalah harga, permintaan dan ketersediaan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3.

Jenis sayuran yang terpilih adalah paprika merah. Jenis sayuran ini memang untuk saat ini cukup tinggi permintaannya. Disamping itu, kontinuitas pasokan juga tetap terjamin karena para petani cukup banyak yang memproduksi berbagai jenis paprika.

Tabel 3. Hasil pemilihan jenis sayuran kelompok A yang diunggulkan

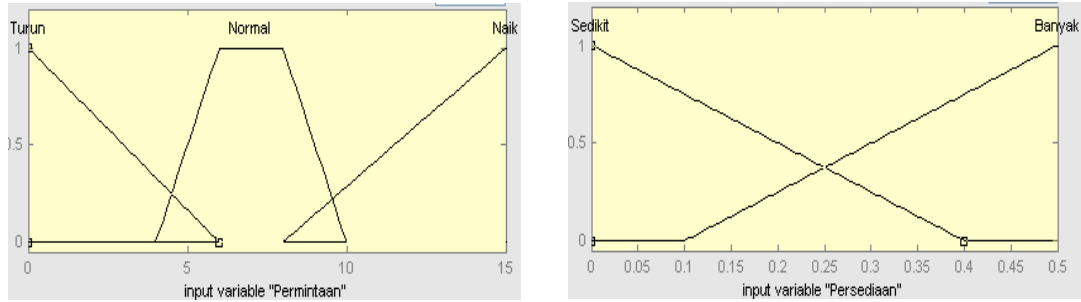
No	Pilihan	Harga	Permintaan	Ketersediaan	Nilai	Peringkat
1	Paprika merah	4	5	5	5.000	1
2	Paprika hijau	4	4	5	4.895	2
3	Paprika kuning	4	4	5	4.895	3
4	<i>Lettuce head</i>	3	3	5	4.502	4
5	<i>Lettuce romain</i>	3	2	5	4.343	5
6	Brokoli	2	3	5	4.184	6
7	<i>Edamame</i>	2	3	3	4.050	7
8	<i>Tomat cherry</i>	2	2	5	4.025	8
9	Seledri lokal	2	2	5	4.025	9
10	Daun bawang	2	2	5	4.025	10
11	<i>Shisito</i>	3	1	3	3.978	11
12	Kembang kol	2	1	5	3.794	12
13	Wortel	1	3	5	3.770	13
14	Tomat rianto	1	3	4	3.710	14
15	Sawi putih	1	1	5	3.380	15
16	Kol bulat putih	1	1	5	3.380	16
17	Okra	1	1	2	3.149	17
	Bobot	0.5	0.3	0.2		

4.2 Penentuan Kebutuhan Pasokan

Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah pasokan paprika merah. Sub model 2 berfungsi untuk mendapatkan jumlah kebutuhan pasokan berdasarkan tingkat permintaan dan status persediaan. Jenis paprika merah termasuk sayuran yang dapat disimpan tahan lama sekitar 10 hari sampai dengan 3 minggu dengan menggunakan pengemasan teknik *vacuum*. Besarnya permintaan dan ketersediaan teknologi untuk penyimpanan memungkinkan adanya kebijakan persediaan. Berdasarkan hal ini maka dirancang sistem pakar *fuzzy*. Diagram dan fungsi keanggotaan dari sistem pakar dapat dilihat pada Gambar 4.

Dasar pemikiran formulasi keputusan yang patut dipertimbangkan adalah meminimumkan persediaan dan mengatasi resiko produk yang tidak sesuai spesifikasi. Disebabkan sumber dari berbagai pemasok tentunya perlu dilakukan pensortiran untuk mengurangi resiko sayuran yang rusak dibeli oleh perusahaan.

Keputusan jumlah pasokan yang dibutuhkan berbentuk linear. Ada tiga variabel keputusan yakni pasokan Biasa yang dihitung dengan (Permintaan–Persediaan+0,4), pasokan banyak yang dihitung dengan (Permintaan–Persediaan+0,5) dan pasokan sedikit (Permintaan + 0,3). Tampilan rancangan sistem yang dibangun dapat dilihat pada Gambar 5.



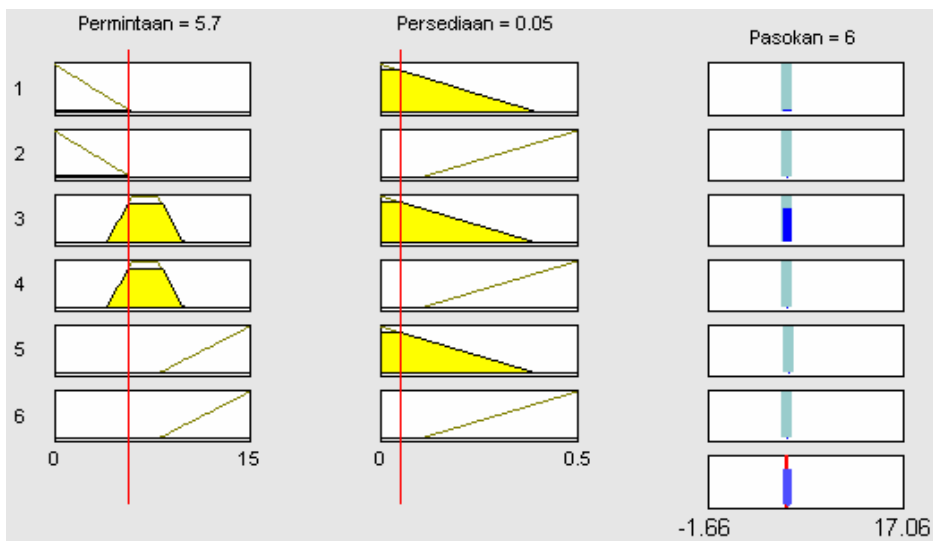
(a) Variabel Permintaan

(b) Variabel Persediaan

Gambar 4. Variabel dan Fungsi Keanggotaan

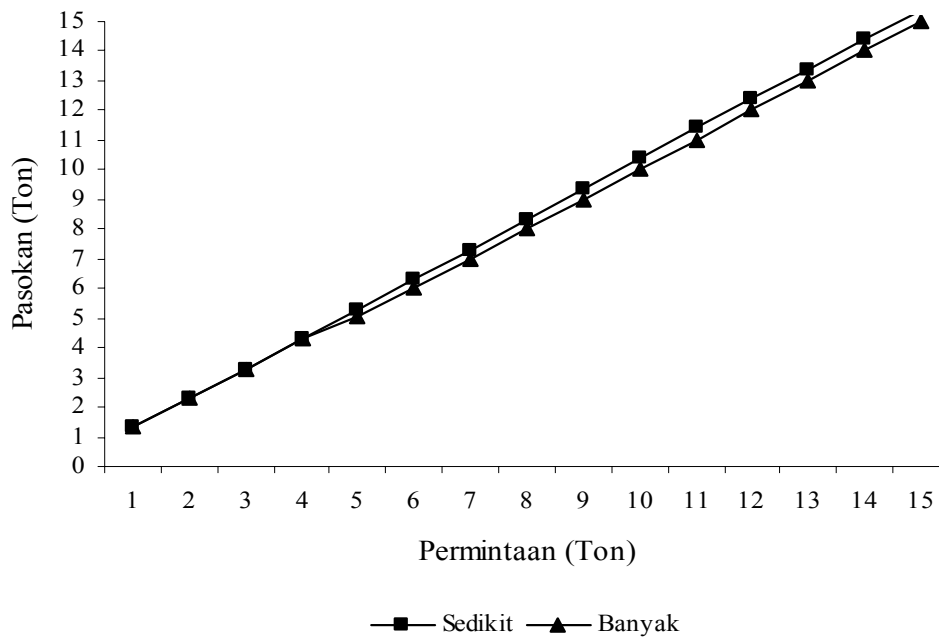
Berdasarkan variabel masukan dan persamaan keluaran jumlah pasokan, maka dirumuskan aturan-aturan keputusan sebagai berikut:

- (1). *IF* Permintaan = Turun *AND* Persediaan = Sedikit *THEN* Pasokan = Sedikit
- (2). *IF* Permintaan = Turun *AND* Persediaan = Banyak *THEN* Pasokan = Sedikit
- (3). *IF* Permintaan = Normal *AND* Persediaan = Sedikit *THEN* Pasokan = Sedikit
- (4). *IF* Permintaan = Normal *AND* Persediaan = Banyak *THEN* Pasokan = Biasa
- (5). *IF* Permintaan = Naik *AND* Persediaan = Sedikit *THEN* Pasokan = Banyak
- (6). *IF* Permintaan = Naik *AND* Persediaan = Banyak *THEN* Pasokan = Biasa



Gambar 5. Tampilan Sistem Pakar Fuzzy

Untuk mengetahui kinerja dari sistem yang dirancang, maka dilakukan ujicoba untuk beberapa tingkat permintaan. Kebutuhan pasokan dengan tingkat permintaan tertentu yang dibatasi status persediaan sedikit dan banyak. Nilai status persediaan diambil pada titik ekstrim. Hasil plot permintaan terhadap pasokan dapat dilihat pada Gambar 6. Terlihat bahwa sistem menunjukkan hasil yang baik karena jumlah pasokan untuk permintaan status sedikit akan lebih banyak dibandingkan dengan persediaan status banyak.



Gambar 6. Hubungan Permintaan dan Pasokan

Selanjutnya dianalisis terhadap perilaku pasokan pada kondisi persediaan yang berfluktuasi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui jumlah pasokan pada setiap kondisi permintaan. Variabel permintaan untuk kondisi Turun ditetapkan 3 ton, kondisi Normal ditetapkan 7 ton dan kondisi Naik ditetapkan 14 ton. Nilai-nilai ini dipilih atas dasar titik-titik ekstrim yang diharapkan dapat memperlihatkan perilaku dari model secara nyata. Diharapkan adanya perubahan status persediaan untuk setiap kondisi permintaan dapat memperlihatkan perbandingan jumlah pasokan yang harus dilakukan. Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 7.

4.3 Alokasi Pasokan

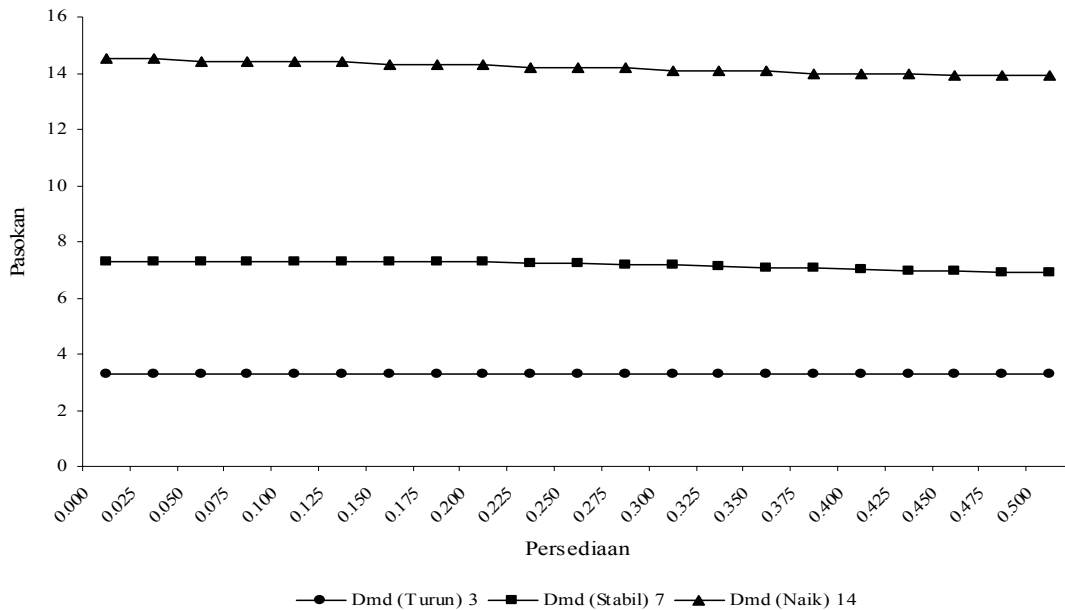
Langkah terakhir adalah menentukan alokasi pasokan untuk setiap pemasok. Dalam studi ini ada tiga pemasok yaitu pemasok internal, mitra beli dan mitra tani. Mitra Tani merupakan salah satu bentuk kerjasama antara perusahaan dengan para petani yang berlokasi di sekitar perusahaan hingga merambah sampai dengan daerah Sukabumi, Cianjur dan Cipanas dengan mengembangkan produk-produk eksklusif yang ditanam di areal lahan luar. Mitra Beli adalah salah satu bentuk kerjasama antara perusahaan dengan para pengepul, kios, atau petani yang mampu memasok sayuran dalam jumlah besar.

Pengalokasian dilakukan menggunakan program linear obyektif majemuk. Obyektif yang digunakan dalam model ini adalah meminimasi biaya pasokan, meminimasi jumlah sayuran yang rusak dan maksimisasi ketepatan jadwal pasokan. Data yang dibutuhkan untuk total biaya pasokan adalah biaya per ton dari setiap pemasok. Rata-rata persentase kerusakan sayuran yang dipasok adalah data yang dibutuhkan untuk obyektif kualitas. Rata-rata persentase ketepatan jadwal pasokan adalah data untuk obyektif jadwal pasokan. Data ini diperoleh dari bagian kemitraan. Ketiga fungsi obyektif tersebut dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Min } Z_1 = 9x_1 + 11.5x_2 + 10x_3 \quad (12)$$

$$\text{Min } Z_2 = 0.05x_1 + 0.1x_2 + 0.05x_3 \quad (13)$$

$$\text{Max } Z_3 = 0.9x_1 + 0.95x_2 + 0.85x_3 \quad (14)$$



Gambar 7. Perbandingan Pasokan untuk Tiga Kondisi Permintaan

Selanjutnya adalah formulasi untuk kendala-kendala yang dipertimbangkan. Kendala pertama yang dipertimbangkan adalah kebutuhan total pasokan sayuran unggulan yang telah dianalisis menggunakan sistem pakar *fuzzy* pada tahap sebelumnya. Dalam studi ini total pasokan yang dibutuhkan sebesar 6 ton, maka pertidaksamaan dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6 \quad (15)$$

Kendala kedua adalah kemampuan para pemasok untuk memasok jenis sayuran yang dibutuhkan perusahaan. Tipe kendala adalah *fuzzy* sehingga konversi menjadi *crisp* menggunakan persamaan (9). Formulasi kendala *fuzzy* dikonversi menjadi bentuk *crisp* untuk pasokan internal atau sendiri sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x_1 &\leq 1/6(2000) + 4/6(3000) + 1/6(4000) \\ x_1 &\leq 3000 \end{aligned} \quad (16)$$

Formulasi kendala *fuzzy* dikonversi menjadi bentuk *crisp* untuk pasokan mitra beli sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x_2 &\leq 1/6(4000) + 4/6(8000) + 1/6(12000) \\ x_2 &\leq 8000 \end{aligned} \quad (17)$$

Formulasi kendala *fuzzy* dikonversi menjadi bentuk *crisp* untuk mitra tani sebagai berikut:

$$\begin{aligned} x_3 &\leq 1/6(4000) + 4/6(5000) + 1/6(6000) \\ x_3 &\leq 5000 \end{aligned} \quad (18)$$

Kendala ketiga adalah batasan biaya pasokan untuk setiap pemasok. Penetapan besar batasan alokasi biaya pasokan didasarkan pada kemampuan perusahaan. Nilai batasan merupakan ketetapan perusahaan berdasarkan pengalaman bermitra dengan para pemasok selama ini. Formulasi batasan biaya pasokan untuk pemasok internal, mitra beli dan mitra tani masing-masing sebagai berikut:

$$9x_1 \leq 27000; 11.5x_2 \leq 92000; 10x_3 \leq 50000 \quad (19)$$

Kendala keempat adalah kendala non negativitas $x_i \geq 0$.

Penyelesaian program linear di atas diawali dengan menghitung nilai-nilai batas atas dan batas bawah. Diperoleh nilai-nilai batas dari setiap fungsi obyektif adalah $U_1= 69, U_2= 0.6, U_3= 5.7, L_1= 57, L_2= 0.3, L_3= 5.15$. Nilai-nilai batas ini digunakan untuk mengkonversi program obyektif majemuk menjadi obyektif tunggal dengan bantuan fungsi keanggotaan. Formulasi hasil transformasi sebagai berikut:

$$\text{Fungsi obyektif: Maks } \lambda \quad (20)$$

Dengan kendala:

$$\lambda \leq \frac{69 - (9x_1 + 11.5x_2 + 10x_3)}{69 - 57} \quad (21)$$

$$\lambda \leq \frac{0.6 - (0.05x_1 + 0.1x_2 + 0.05x_3)}{0.6 - 0.3} \quad (22)$$

$$\lambda \leq \frac{(0.90x_1 + 0.95x_2 + 0.85x_3) - 5.15}{5.7 - 5.15} \quad (23)$$

$$x_1 + x_2 + x_3 = 6 \quad (24)$$

$$x_1 \leq 3; x_2 \leq 8; x_3 \leq 5; \quad (25)$$

$$9x_1 \leq 27000; 11.5x_2 \leq 92000; 10x_3 \leq 50000 \quad (26)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (27)$$

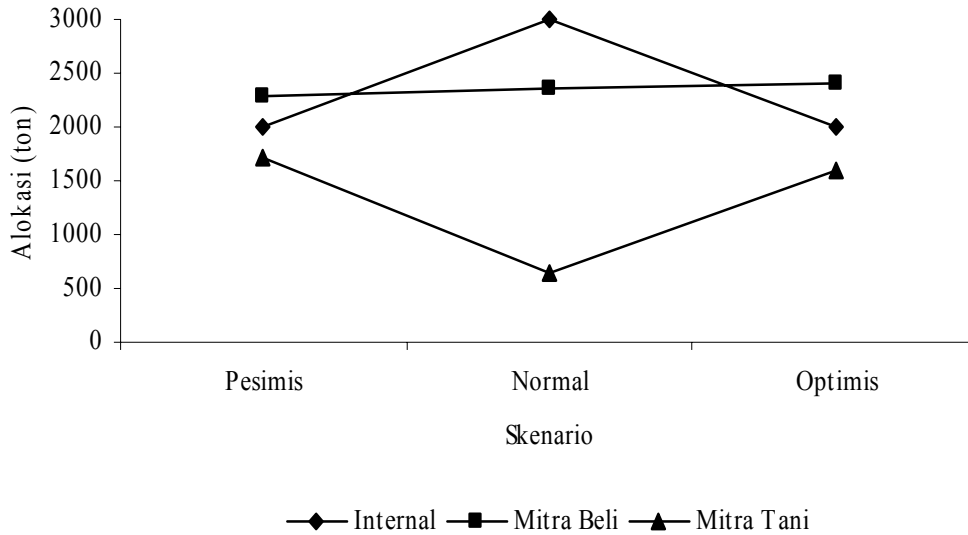
$$x_i \geq 0; i = 1,2,3 \quad (28)$$

Program linear di atas dapat diselesaikan menggunakan perangkat lunak program linear yang cukup banyak tersedia. Diperoleh hasil optimal $x_1 = 3000, x_2 = 2345.3, x_3 = 654.7, \lambda = 0.608678$. Nilai fungsi obyektif dari program linear asal dihitung dengan mensubstitusi nilai-nilai variabel keputusan kedalam persamaan obyektif. Diperoleh $Z_1 = 9(3000) + 11.5(2345.3) + 10(654.7) = 60517976; Z_2 = 0.05(3000) + 0.1(2345.3) + 0.05(654.7) = 417.27, Z_3 = 0.9(3000) + 0.95(2345.3) + 0.85(654.7) = 5484.53$

Untuk mengetahui perilaku dari model dengan adanya bilangan *fuzzy* pada kendala kedua, maka dilakukan analisis berdasarkan kemampuan pesimis dan optimis dari pemasok. Konsekuensi dari perlakuan ini adalah kendala kemampuan pemasok disesuaikan dengan skenario yang dijalankan.

Pada skenario pesimis diperoleh nilai-nilai batas atas dan batas bawah dari setiap fungsi obyektif adalah $U_1= 66, U_2= 0.5, U_3= 5.6, L_1= 58, L_2= 0.3, L_3= 5.2$. Hasil penyelesaian optimal adalah $x_1 = 2000, x_2 = 2285.7, x_3 = 1714.3, \lambda = 0.571429$. Nilai fungsi obyektif dari program diperoleh $Z_1 = 61428571, Z_2 = 414.29, Z_3 = 5428.57$. Pada skenario optimis diperoleh nilai-nilai batas atas dan batas bawah dari setiap fungsi obyektif adalah $U_1= 69, U_2= 0.6, U_3= 5.7, L_1= 56, L_2= 0.3, L_3= 5.1$. Hasil penyelesaian optimal adalah $x_1= 2000, x_2= 2409.573, x_3= 1590.427, \lambda = 0.568187$. Nilai fungsi obyektif dari program diperoleh $Z_1 = 61614359.5, Z_2 = 420.48, Z_3 = 5440.96$. Untuk mengetahui perbandingan hasil dari berbagai skenario yang memperlihatkan

prilaku model dapat dilihat dari grafik-grafik di bawah ini. Gambar 8 memperlihatkan perbandingan alokasi pasokan untuk setiap pemasok dalam berbagai skenario yang dianalisis. Jumlah alokasi terbanyak adalah pemasok internal untuk skenario normal, sedangkan untuk skenario optimis dan pesimis didominasi oleh mitra beli.



Gambar 8. Jumlah Alokasi Pemasok Setiap Skenario

Perbedaan nilai λ disebabkan nilai optimal dari setiap fungsi obyektif tunggal; Z_1 , Z_2 dan Z_3 . Gambar 12 merupakan nilai-nilai dari fungsi obyektif tunggal untuk setiap skenario. Bila diperhatikan nilai keanggotaan skenario pesimis lebih besar dibandingkan dengan skenario optimis. Kondisi ini terjadi karena jumlah pasokan dalam jumlah besar memberikan pengaruh yang nyata terhadap resiko kualitas dan besarnya biaya pasokan. Berdasarkan hal ini perlu dipertimbangkan penelitian lebih lanjut terhadap penentuan ukuran pemesanan ekonomis dengan mempertimbangkan aspek biaya, kualitas dan pengiriman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Model yang dibangun dapat membantu pengambil keputusan dalam penentuan kebutuhan pasokan dan pengalokasiannya kepada setiap pemasok. Penerapan logika *fuzzy* sangat membantu mempermudah permodelan tanpa mengurangi tingkat kompleksitas dari sistem rantai pasok sayuran. Hasil penerapan sub model 1 memilih jenis paprika merah sebagai sayur unggulan. Apabila diperhatikan ternyata jenis paprika secara umum memiliki nilai bobot yang tinggi. Pada tingkat permintaan normal dengan nilai *crisp* 5.7 ton dengan status persediaan sedikit dengan nilai *crisp* 0.05 ton dibutuhkan pasokan sejumlah 6 ton. Pengalokasian kesetiap pemasok diperoleh masing-masing: internal (x_1) sebesar 3000 kg, mitra beli (x_2) sebesar 2345.3 kg, mitra tani (x_3) sebesar 654.7 kg dan nilai keanggotaan λ sebesar 0.609. Analisis terhadap prilaku model juga dilakukan untuk skenario pesimis dan optimis.

5.2 Saran

Model pengambilan keputusan yang diusulkan dalam studi ini sangat bermanfaat bagi perusahaan dalam menyusun perencanaan pasokan sayuran. Namun demikian, model ini hanya untuk produk tunggal. Arah penelitian lanjutan harus difokuskan pada kelompok produk. Pada tahap perencanaan kebutuhan masih bersifat agregat setelah itu pengalokasian didapat di *disagregasi* menggunakan model program linear *fuzzy* yang disesuaikan untuk jenis kelompok produk. Model pengalokasian jenis sayuran dapat menggunakan model program linear *fuzzy* dengan menambah indeks jenis sayuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad, P.L., 2000. Optimal Lot Size for A Perishable Good under Conditions of Finite Production and Partial Backordering and Lost Sale. *Computers & Industrial Engineering* 38: 457-465
- Adrizal dan Marimin, 2004. Aplikasi Fuzzy Linear Programming untuk Optimasi Formulasi Ransum Unggas. *Jurnal Keteknik Pertanian* 18: 77-85
- Aghezzaf, E., 2005. Capacity Planning and Warehouse Location in Supply Chains with Uncertain Demand. *Journal of Operational Research Society* 56: 453-462
- Austin, J.E., 1981. *Agroindustrial Project Analysis*. Maryland: The John Hopkins University Press
- Beierlein, J.G., M.E. Madison, and A.M. Vargas, 1992. Optimizing The Assembly-Processing-Distribution System of Processed And Further –Processed Chicken in Pennsylvania. *Agribusiness* 8: 335-345
- Bredström, D, J.T. Lundgren, M. Rönnqvist, D. Carlsson, and A. Mason, 2004. Supply Chain Optimization in The Pulp Mill Industry-IP Models, Column Generation and Novel Constraints Branches. *European J. Operational Research* 156: 2-22
- Bogataj, M, L. Bogataj, and R. Vodopivec, 2005. Stability of Perishable Goods in Cold Logistic Chains. *Int. J. Production Research* 94: 345-356
- Brown, J.G., 1994. *Agroindustrial Investment and Operations*. Washinton: The World Bank
- Carlsson, C., and R. Fullér, 2000. A Fuzzy Approach to The Bullwhip Effect. *Proceeding Fifteenth European Meeting on Cybernetics and Systems Research*. 228-233
- Chen T., 2003. A Fuzzy Mid-Term Single Fab Production Planning Model. *J. Intelligent Manufacturing* 14: 273-185
- Contesse, F., J.C. Ferrer, and S. Maturana, 2005. A Mixed Integer Programming Model for Gas Purchase and Transportation. *Annals of Operations Research* 139: 39-63
- Getharamani, G, K. Thangavel, M. Karnan, and C. Elango, 2006. *ACSE Journal* 6: 47-52
- Gigler, J.K., E.M.T. Hendrix, R.A. Heesen, V.G.W. van den Hazelkamp, and G. Meerdink. 2002. On Optimisation of Agri Chains by Dynamic Programming. *European J. Operational Research* 139: 613-625
- Gunnarsson, H, M. Rönnqvist, and J.T. Lundgren. 2004. Supply Chain Modelling of Forest Fuel. *European J. Operational Research* 158: 103-123

- Güneş, M., and N. Umarosman, 2005. Fuzzy Goal Programming Approach on The Fuzzy Arithmmetic Mean. *Mathematical and Computational Application* 10: 211-220
- Hop, N.V., 2007. Fuzzy Stochastic Goal Programming. *European J. Operational Research* 176: 77-86
- Hwang, H.J., and H.S. Hwang, 2006. Computer Aided Fuzzy-AHP Decision Model and Its Application to School Food Service Problem. *Int. J. Innovative Computing Information and Control* 2: 125-137
- Inuiguchi, M., and T. Tanino, 2002. Possibilistic Linear Programming with Fuzzy If-Then Rule Coefficients. *Fuzzy Optimization and Decision Making* 1: 65-91
- Jung, J.Y., G. Blau, J.F. Pekny, G.V. Reklaitis, and D. Everdyks, 2004. A Simulation Based Optimization Approach to Supply Chain Management under Demand Uncertainty. *Computers and Chemical Engineering* 28: 2087-2106
- Kagnicioglu, C.H., 2006. A Fuzzy Multiobjective Programming Approach for Supplier Selection in A Supply Chain. *The Business Review* 6: 107-115
- Kalpakan, S., and S. Shanthi, 2006. A Continous Review Perishable System with Renewal Demand. *Ann Oper. Res.* 143: 211-225
- Korpela, J., K. Kyläheiko, A. Lehmusvaara, and M. Tuominem, 2002. An Analytic Approach to Production Capacity Allocation and Supply Chain Design. *Int. J Production Economic* 78: 187-195
- Kusumadewi, S., 2002. *Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu
- Kusumadewi, S., 2003. *Artificial Intelligence: Teknik dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- Lee, H.L., V. Padmanabhan, and S. Whang, 1997. The Bullwhip Effect in Supply Chains. *Sloan Management Review*: 93-101
- LeBlanc, L.J., J.A. Hill Jr., G.W. Greenwell, and A.O. Czesnat, 2004. Nu-kote's Spreadsheet Linear Programming Models for Optimizing Transportation. *Interfaces* 34: 139-146
- León T., V. Liern, and E. Vercher, 2002. Two Fuzzy Approaches for Solving Multiobjective Decision Problems. *Computational Economics* 19: 273-286
- Marimin, 2004. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta: Grassindo
- Marimin, 2005. *Teori dan Aplikasi Sistem Pakar dalam Teknologi Manajerial*. Bogor: IPB Press.
- Martinson, F.K., 1993. Fuzzy Vs Minmax Weighted Multiobjective Linear Programming Illustrative Comparisons. *Decision Science* 24: 809-824
- Mehta, N.J., and N.H. Shah, 2003. An Inventory Model for Deteriorating Items with Exponentially Increasing Demand and Shortage under Inflation and Time Discounting. *Investigação Operacional* 23: 103-111

- Mikhailov, M., 2000. A Fuzzy Programming Method for Deriving Priorities in The Analytic Hierarchy Process. *J. Operational Research Society* 51: 341-349
- Mikhailov, M., 2003. Deriving Priorities from Fuzzy Pairwise Comparison Judgments. *Fuzzy Sets and Systems* 134: 365-385
- Mikhailov, M., and P. Tsvetinov, 2004. Evaluation of Services using A Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Applied Soft Computing* 5: 23-33
- Morgan, W., S. Iwamoto, and A.S. Lestari, 2004. Improving Indonesian Vegetable Supply Chains. Didalam: GI Johnson dan PJ Hofman, editor. *Agri-product Supply Chain Management in Developing Countries. Proceeding of a Workshop*; Bali, 19-22 August 2003. Bali: ACIAR. hlm 139-141
- Panda D., and S. Kar, 2005. Multi Items and Fuzzy Stochastic Inventory Model under Precise Goal and Chance Constraints. *Advanced Modeling and Optimization* 7: 155-167
- Petrovic, D., R. Roy, and R. Petrovic, 1999. Supply Chain Modelling using Fuzzy Sets. *Int. J. Production Economic* 59: 443-453
- Rakas, J., D. Teodorović, and T. Kim, 2004. Multi-Objective Modeling for Determining Location of Undesirable Facilities. *Transportation Research Part D* 9: 125-138
- Rotshtein, A.P., and A.B. Rakityanskaya, 2006. *Cybernetics and System Analysis* 42: 411-419
- Shervais, S., and T.T. Shannon, 2000. Improving Quasi-Optimal Inventory And Transportation Policies using Adaptive Critic Based Approximation Dynamic Programming. *IEEE*: 3449-3454
- Smith, S.B., 1989. *Computer-Based Production and Inventory Control*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Vasant, P., R. Nagarajan, and S. Yaacob, 2005. Fuzzy Linear Programming with Vague Objective Coefficients in An Uncertain Environment. *J. Operational Research Society* 56: 597-603
- Vidal, C.J., and M. Goetschalckx, 2001. A Global Supply Chain Model with Transfer Pricing and Transportation Cost Allocation. *European J Operational Research* 129: 134-158
- Vorst, J.G.A.J. van der, S.J. van Dijk, and A.J.M. Beulens, 2001. Leagile Supply Chain Design In Food Industry; An Inflexible Poultry Supply Chain With High Demand Uncertainty. *Int. J. Logistics Management* 12: 73-85
- Vorst, J.G.A.J. van der, 2004. Supply Chain Management: Theory and Practice. Didalam: T.Camps, P. Diederren, G.J. Hofstede, B.Vos (Eds). *The Emerging World of Chains & Networks*. Hoofdstuk: Elsevier
- Wouda, F.H.E., P. Van Beek, J.G.A.J. van der Vorst, and H. Tacke, 2001. An Application of Mixed Integer Linear Programming Models on Redesign of the Supply Network of Nutricia Dairy & Drink Group in Hungary. *OR Spectrum* 24: 449-465.
- Zee van der D.J., and J.G.A.J. van der Vorst, 2005. A Modelling Framework for Analyzing Supply Chain Scenarios: Applications in Food Industry. *Decision Sciences* 36: 65-95.