

MODEL OPTIMASI MULTI OBJECTIVE UNTUK PERENCANAAN PERSEDIAAN MULTI PRODUK DARI MULTI SUPPLIER DENGAN MEMPERHATIKAN DUE DATE

Dina Natalia Prayogo

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya

E-mail: dnprayogo@ubaya.ac.id

Abstrak

Makalah ini membahas pengembangan model optimasi untuk perencanaan persediaan multi-produk yang dipasok dari beberapa *supplier* yang memiliki performansi berbeda-beda. Performansi *supplier* yang dipertimbangkan adalah harga beli, biaya pemesanan, *leadtime* pengiriman, dan kualitas tiap jenis produk yang dipasok. Penentuan keputusan optimal jumlah pembelian mempertimbangkan *duedate* kebutuhan tiap jenis produk selama periode perencanaan. Penerapan *Fuzzy Goal Integer Programming* dilakukan untuk meminimumkan total biaya persediaan selama periode perencanaan, memaksimalkan total jumlah produk berkualitas baik serta meminimumkan total biaya penalti akibat pengiriman yang terlalu cepat maupun terlambat dari *due date*. Oleh karena tidak cukup informasi dan akurasi data kapasitas suplai tiap jenis produk dari setiap *supplier*, maka kapasitas *supplier* dimodelkan dengan menggunakan *triangular fuzzy memberships*. Suatu ilustrasi numerik digunakan untuk memvalidasi dan menganalisis hasil pengembangan model optimasi *multi-objective* yang diusulkan.

Kata kunci: *Perencanaan persediaan, due date, fuzzy multi objective.*

Pendahuluan

Setiap perusahaan harus memiliki strategi untuk memperoleh kualitas produk/bahan baku yang lebih baik, harga yang lebih murah dan *lead time* yang lebih singkat agar mampu mempertahankan posisi kompetitif dalam pasar global. Dalam hal ini peranan *suppliers* sangat penting dalam mencapai keunggulan bersaing tersebut, sehingga diperlukan strategi pemilihan *supplier* yang tepat serta keputusan jumlah pembelian yang optimal. Pemilihan *supplier* merupakan masalah pembuatan keputusan multi-kriteria yang dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling bertentangan. Harga produk yang tinggi diimbangi dengan tingkat kualitas produk dan layanan yang tinggi pula. Konsekuensinya, seorang manager pembelian/logistik harus menganalisis *trade-off* di antara beberapa kriteria tersebut. Prioritas dari kriteria yang digunakan dalam pemilihan *supplier* sangat tergantung pada strategi pembelian yang diterapkan. Oleh karena itu, harga beli, kualitas produk yang dipasok dan *leadtime* pengiriman yang sesuai dengan *due-date* kebutuhan perlu dipertimbangkan secara simultan dalam pembuatan keputusan perencanaan persediaan yang optimal selama horison perencanaan persediaan. Pelanggaran pengiriman produk dari *supplier* terhadap *due-date* kebutuhan produk berdampak pada biaya penanganan produk untuk pengiriman yang terlalu cepat dari *due date* maupun biaya penalti untuk keterlambatan pengiriman produk dari *supplier*. Selain itu, tingkat ketidak-pastian dan ketidakpresisian dari informasi kapasitas pasokan *supplier*, juga perlu diperhitungkan dalam pembuatan keputusan pembelian tiap jenis produk dari suatu *supplier* pada periode tertentu.

Pada makalah ini akan dibahas pengembangan model optimasi *multi-objective* untuk perencanaan persediaan multi-produk yang dipasok dari multi *supplier* dengan performansi yang berbeda-beda dengan memperhitungkan *due-date* kebutuhan produk dan ketidakpresisian informasi kapasitas pasokan dari *supplier* selama periode perencanaan dengan menggunakan pendekatan model *Fuzzy Goal Integer Programming*. Model optimasi *multi-objective* ini dapat digunakan sebagai sistem penunjang keputusan oleh manager pembelian/logistik dalam masalah perencanaan pembelian muti produk dengan *multiple sourcing*.

Tinjauan Pustaka

Beberapa literatur yang terkait dengan integrasi pemilihan *supplier* dan penentuan jumlah pembelian yang optimal akan dibahas pada bagian ini. Amid et al. (2006) yang pertama kali mengembangkan suatu model terintegrasi untuk pemilihan *supplier* dan penentuan jumlah pembelian produk yang optimal dengan menggunakan pendekatan *Fuzzy Analytic Hierarchy Processes (Fuzzy AHP)* dalam menentukan bobot *suppliers* dan Fuzzy Multi-Objective

Programming (FMOP) model yang memperhitungkan ketidakpastian dan ketidakpresisian informasi yang diperoleh. Sedangkan Prayogo (2008) membahas pengembangan model *Fuzzy Mixed Integer Programming* untuk menyelesaikan problem multi-tujuan dengan memperhitungkan nilai bobot dari masing-masing kriteria yang digunakan dalam evaluasi *suppliers* dan penentuan jumlah pembelian produk yang optimal pada *multi-supplier* yang memiliki struktur harga beli yang berbeda dan menawarkan harga diskon untuk pembelian dalam jumlah besar.

Selanjutnya Prayogo (2008) juga mengusulkan model optimasi perencanaan persediaan multi produk yang dipasok dari beberapa *supplier* berdasarkan kriteria penilaian performansi *supplier* dengan menggunakan pendekatan *Weighted Linear Programming* (WLP) dalam penentuan bobot *suppliers* dan *Multi Objective Programming* untuk penentuan keputusan optimal jumlah pembelian tiap jenis produk selama horison perencanaan. Pengembangan model pemilihan *supplier* pada lingkungan lean procurement berdasarkan minimasi biaya, minimasi pelanggaran jadwal pengiriman dan maksimasi tingkat kualitas dari total jumlah pembelian dengan menggunakan *Fuzzy multi-objective* untuk single produk dan single periode dikembangkan oleh Yu et al. (2012).

Berdasarkan model *Fuzzy multi-objective* yang dikembangkan oleh Yu et al. (2012), maka pada makalah ini dibahas pengembangan model optimasi *multi objective* untuk perencanaan persediaan multi produk pada multi period dengan memperhatikan *due date* dan ketidakpastian serta ketidakpresisian informasi kapasitas pasokan dari *suppliers* dengan menggunakan pendekatan *Fuzzy Goal Integer Programming*. Selanjutnya sistematika dalam makalah ini disusun sebagai berikut. Pada bagian berikut ini akan dibahas pengembangan model optimasi yang dilanjutkan dengan penerapan model tersebut pada suatu contoh numerik beserta analisis hasil dan pembahasan. Pada bagian akhir akan disajikan kesimpulan dan arah penelitian selanjutnya.

Pengembangan Model

Model optimasi *multi-objective* perencanaan persediaan multi produk dengan *multi sourcing* selama periode perencanaan dikembangkan dengan pendekatan model *Fuzzy Goal Integer Programming*. Berikut ini penjelasan untuk indeks, parameter model, variabel keputusan dan fungsi tujuan yang digunakan dalam model yang diusulkan.

Indeks:

- i : jenis produk, $i = 1, 2, \dots, I$
- s : *supplier*, $s = 1, 2, \dots, S$.
- t : periode waktu (minggu), $t = 1, 2, \dots, T$.

Parameter model:

- D_{it} : jumlah kebutuhan produk i pada periode waktu t .
- DD_{it} : *due-date* kebutuhan produk i pada periode waktu t (hari).
- C_{is} : kapasitas pasokan produk i dari *supplier* s .
- P_{is} : harga beli produk i dari *supplier* s .
- k_{is} : kualitas produk i dari *supplier* s .
- l_{is} : *leadtime* pengiriman produk i dari *supplier* s (hari).
- mo_s : *minimum order* dari *supplier* s .
- Cp_s : biaya pesan ke *supplier* s .
- Ch_i : biaya simpan produk i per unit per minggu.
- Cr_i : biaya perbaikan produk i yang cacat.
- Ca_i : biaya pinalti per hari untuk produk i yang dikirimkan lebih awal dari *due-date*.
- Ct_i : biaya pinalti per hari untuk produk i yang dikirimkan terlambat dari *due-date*.
- Umumnya $Ca_i < Ct_i$.
- M : bilangan positif dengan nilai sangat besar.

Variabel Keputusan:

- Q_{ist} : jumlah pembelian produk i dari *supplier* s pada periode waktu t .
- X_{ist} : keputusan pembelian produk i dari *supplier* s pada periode waktu t .
- Z_{ist} : keputusan keterlambatan pengiriman produk i dari *supplier* s pada periode waktu t .
- I_{it} : jumlah persediaan produk i pada periode waktu t .

Y_{st} : Keputusan pemesanan ke *supplier* s pada periode waktu t .

Fungsi Tujuan:

Fungsi tujuan yang diperhitungkan dalam pengambilan keputusan optimal adalah:

1. Minimasi total biaya persediaan dan biaya perbaikan selama horison perencanaan.
2. Maksimasi total jumlah produk baik yang diterima selama horison perencanaan.
3. Minimasi total biaya pinalti akibat pelanggaran due-date selama horison perencanaan.

Masing-masing fungsi tujuan tersebut dapat dinyatakan dalam model matematis sebagai berikut:

$$Min : f_1 = TIC = \sum_i \sum_s \sum_t P_{is} Q_{ist} + \sum_s \sum_t C_{p_s} Y_{st} + \sum_i \sum_t Ch_i I_{it} + \sum_i \sum_s \sum_t Cr_i Q_{ist} \quad (1)$$

$$Max : f_2 = TGP = \sum_i \sum_s \sum_t Q_{ist} q_{is} \quad (2)$$

$$Min : f_3 = TPC = \sum_i \sum_s \sum_t Ca_i Q_{ist} \left(-Z_{ist} \right) \left(DD_{it} - L_{is} \right) + \sum_i \sum_s \sum_t Ct_i Q_{ist} Z_{ist} \left(t_{is} - DD_{it} \right) \quad (3)$$

Fungsi tujuan model Fuzzy Goal Integer Programming:

$$Max : \lambda \quad (4)$$

Maksimasi nilai fuzzy $0 \leq \lambda \leq 1$ dengan batasan:

$$\frac{f_1^- - f_1}{f_1^- - f_1^+} \geq \lambda \quad (5)$$

f_1^- dan f_1^+ : solusi ideal negatif dan positif untuk total biaya persediaan dan biaya perbaikan selama horison perencanaan.

$$\frac{f_2 - f_2^-}{f_2^+ - f_2^-} \geq \lambda \quad (6)$$

f_2^- dan f_2^+ : solusi ideal negatif dan positif untuk total jumlah produk baik yang diterima selama horison perencanaan.

$$\frac{f_3^- - f_3}{f_3^- - f_3^+} \geq \lambda \quad (7)$$

f_3^- dan f_3^+ : solusi ideal negatif dan positif total biaya pinalti akibat pelanggaran due-date selama horison perencanaan.

$$\sum_s Q_{ist} q_{is} + I_{it-1} \geq D_{it} \quad ; \forall i, t \quad (8)$$

Jumlah produk baik jenis i yang diterima dari semua *supplier* pada periode t ditambah dengan persediaan produk i pada periode sebelumnya harus mencukupi kebutuhan produk i pada periode t .

$$I_{it} = I_{it-1} + \sum_s Q_{ist} q_{st} - D_{it} \quad ; \forall i, t \quad (9)$$

Batasan keseimbangan persediaan produk i pada periode t .

$$Q_{ist} \leq C_{is} X_{ist} \quad ; \forall i, s, t \quad (10)$$

Hubungan antara keputusan pembelian produk i dari *supplier* s pada periode waktu t dan keputusan pemesanan ke *supplier* s pada periode waktu t .

$$\sum_i X_{ist} \leq M \cdot Y_{st} \quad ; \forall s, t \quad (11)$$

Jumlah pengiriman produk i dari *supplier* s pada periode waktu t tidak melebihi kapasitas pasokan produk i dari *supplier* s yang bersifat *triangular fuzzy memberships*.

$$\sum_i Q_{ist} \geq mo_s Y_{st} \quad ; \forall s, t \quad (12)$$

Total jumlah pengiriman semua jenis produk dari *supplier* s pada periode waktu t harus memenuhi *minimum order* dari *supplier* s .

$$\left(t_{is} - DD_{it} \right) X_{ist} \leq M \times Z_{ist} \quad ; \forall i, s, t \quad (13)$$

Jika *leadtime* pengiriman produk i dari *supplier* s melebihi due-date kebutuhan produk i pada periode waktu t maka keputusan keterlambatan pengiriman produk i dari *supplier* s pada periode waktu t , Z_{ist} , akan bernilai 1 dan bernilai 0 jika sebaliknya.

Selain itu variabel keputusan yang bernilai biner adalah:

$$X_{ist}, Z_{ist}, Y_{st} \in \{0, 1\} \quad ; \forall i, s, t \quad (14)$$

Serta batasan non-negative untuk jumlah pembelian produk i dari *supplier* s pada periode waktu t ,
 $Q_{ist}, I_{ist} \geq 0 \quad ; \forall i, s, t$ (15)

Hasil dan Pembahasan

Model optimasi perencanaan persediaan multi produk selama periode perencanaan diterapkan pada suatu perusahaan yang membutuhkan 5 jenis produk dan dipasok dari 3 *suppliers* selama horison perencanaan 2 bulan dalam periode mingguan. Data kebutuhan tiap jenis produk tiap minggu, harga beli dan kualitas produk serta *lead time* pengiriman untuk tiap jenis produk dari masing-masing *supplier*, biaya pemesanan dan *minimum order* dari tiap *supplier* serta kualitas untuk tiap jenis produk yang dipasok dan kapasitas pasokan untuk tiap jenis produk dari masing-masing *supplier* ditunjukkan pada Tabel 1 – 6 berikut ini.

Tabel 1. Data kebutuhan tiap jenis produk tiap minggu (unit)

Produk	Inv. Awal	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
A	25	58	64	54	52	64	63	50	63
B	18	58	42	49	39	43	46	49	52
C	8	13	21	25	23	11	26	10	22
D	15	40	54	41	43	44	40	58	56
E	12	25	23	24	25	25	23	28	26

Tabel 2. Due-date kebutuhan tiap jenis produk tiap minggu (hari)

Produk	Minggu 1	Minggu 2	Minggu 3	Minggu 4	Minggu 5	Minggu 6	Minggu 7	Minggu 8
A	5	6	7	7	8	6	6	8
B	11	15	12	12	13	12	12	11
C	9	11	11	11	11	10	10	11
D	7	8	8	10	8	8	8	10
E	8	9	9	8	10	7	5	8

Tabel 3. Harga beli, persentase kualitas baik dan leadtime pengiriman untuk tiap jenis produk dari masing-masing *supplier*.

Produk	Harga beli (x 1000 Rp./unit)			Persentase kualitas baik			Leadtime pengiriman (hari)		
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3
A	130	120	125	92%	85%	90%	5	7	6
B	210	200	220	94%	90%	96%	10	12	8
C	315	345	335	86%	95%	90%	10	7	8
D	280	280	280	90%	88%	92%	6	4	8
E	410	400	420	95%	92%	98%	5	6	4

Tabel 4. Biaya pesan dan minimum order untuk masing-masing *supplier*

Supplier	Biaya Pesan (x 1000 Rp.)	Minimum Order (unit)
Supplier 1	2000	180
Supplier 2	1800	190
Supplier 3	2200	200

Tabel 5. Biaya perbaikan produk cacat, biaya pinalti terhadap pelanggaran due-date untuk tiap jenis produk.

Produk	Biaya perbaikan (x1000 Rp./unit)	Biaya pinalti pengiriman lebih awal (Rp./hari/unit)	Biaya pinalti pengiriman terlambat (Rp./hari/unit)
A	23	250	500
B	36	300	650
C	45	400	800

Produk	Biaya perbaikan (x1000 Rp./unit)	Biaya pinalti pengiriman lebih awal (Rp./hari/unit)	Biaya pinalti pengiriman terlambat (Rp./hari/unit)
D	40	350	700
E	55	450	1000

Tabel 6. Kapasitas pasokan untuk tiap jenis produk dari masing-masing *supplier*.

Produk	Supplier 1			Supplier 2			Supplier 3		
	Pesimistic (0.1)	Most likely (0.8)	Optimistic (0.1)	Pesimistic (0.1)	Most likely (0.8)	Optimistic (0.1)	Pesimistic (0.1)	Most likely (0.8)	Optimistic (0.1)
A	60	70	80	40	50	60	50	60	70
B	40	50	60	30	40	50	50	60	70
C	5	10	15	20	30	40	15	20	25
D	30	40	50	50	60	70	40	50	60
E	20	30	40	10	20	30	20	25	30

Prosedur penyelesaian model optimasi *multi-objective* dilakukan melalui penyelesaian masing-masing fungsi tujuan dan dilanjutkan dengan mencari nilai *fuzzy*, λ , dengan memanfaatkan nilai solusi ideal negatif dan positif dari masing-masing fungsi tujuan seperti ditunjukkan pada Tabel 7. Hasil keputusan optimal diperoleh dengan nilai *fuzzy*, $\lambda = 0,7842$.

Tabel 7. Nilai fungsi tujuan dan hasil optimal dari model FGIP dengan $\lambda = 0,7842$

Fungsi tujuan	TIC	TGP	TPC	FGIP
f1 = TIC	5.138.927.000	<i>5.480.776.000</i>	5.387.253.000	5.212.698.000
f2 = TGP	<i>1.304</i>	1426	1386	1400
f3 = TPC	1.648.000	<i>1.676.000</i>	1.594.000	1.611.700

Keterangan: **bolt print** = solusi ideal positif dan *italic print* = solusi ideal negatif untuk masing-masing fungsi tujuan.

Berdasarkan hasil optimasi model *Fuzzy Goal Integer Programming* diperoleh minimum total biaya persediaan dan biaya perbaikan selama horison perencanaan sebesar Rp. 5.212.698.000,00, maksimum total jumlah produk baik yang diterima selama horison perencanaan sebanyak 1400 unit dan minimum total biaya pinalti akibat pelanggaran *due-date* selama horison perencanaan sebesar Rp. 1.611.700,00.

Kesimpulan

Model optimasi *multi-objective* perencanaan persediaan multi produk dengan *multi sourcing* selama periode perencanaan telah dikembangkan dengan pendekatan model *Fuzzy Goal Integer Programming*. *Multi objective* yang dipertimbangkan dalam pembuatan keputusan optimal adalah minimasi total biaya persediaan selama horison perencanaan, maksimasi total jumlah produk berkualitas baik yang diterima, dan minimasi total biaya pinalti akibat pelanggaran dari *due-date* kebutuhan produk, baik untuk pengiriman produk yang terlalu cepat maupun untuk keterlambatan pengiriman produk dari *supplier*. Model optimasi yang diusulkan juga memperhitungkan adanya ketidakpastian serta ketidakpresisian informasi kapasitas pasokan untuk tiap jenis produk dari masing-masing *supplier*, yang dimodelkan mengikuti *triangular fuzzy memberships*.

Model ini dapat digunakan oleh manager pembelian dalam mendukung pengambilan keputusan dalam kondisi informasi yang tidak sepenuhnya tepat dan pasti, baik informasi mengenai performansi *supplier* yang akan dievaluasi maupun jumlah kebutuhan produk, sehingga sangat tepat diselesaikan dengan metode optimasi *fuzzy* multi-tujuan. Hasil keputusan pemilihan *supplier* dan penentuan jumlah pembelian yang optimal ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam penyusunan kesepakatan kerja sama antara *supplier* dan *buyer*. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan mempertimbangkan *joint replenishment* untuk *multi-item* yang dapat menghasilkan efisiensi dalam proses pembelian.

Daftar Pustaka

Amid, A., Ghodsypour, S.H., and O'Brien, C., 2006, Fuzzy Multi-Objective Linear Model for Supplier Selection in a Supply Chain, *International Journal of Production Economics*, Vol. 104, 394-407.

Prayogo, D.N., 2008, Optimasi Jumlah Pembelian Produk Berdasarkan Performansi dan Penawaran Harga Diskon dari Multi-Supplier, *Journal of Logistics and Supply Chain Management*, Vol. 1, No. 1, 35-42.

Prayogo, D.N., 2008, Integrasi Pemilihan Supplier dan Ukuran pembelian Untuk Multi Periode dengan Menggunakan Multi-Objective Programming, *Proceedings National Conference on Industrial System Planning*, Institute Teknologi Bandung, 58-65.

Yu, M.C., Goh, M., and Lin, H.C., 2012, Fuzzy Multi-Objective Vendor Selection under Lean Procurement, *European Journal of Operational Research*, Vol. 219, 305-311.