

Perancangan Model Optimasi Kontrak Kerjasama Antara Supplier dan Manufacturer dengan Permintaan Probabilistik

Dina Natalia Prayogo
Jurusan Teknik Industri – Universitas Surabaya
Email: dnprayogo@ubaya.ac.id

Abstrak

Makalah ini fokus pada pengembangan model kontrak yang optimal antara supplier dan manufacturer atau retailer dalam two-echelon pada suatu supply chain. Supply chain contracts telah disarankan sebagai mekanisme koordinasi yang memberikan insentif bagi semua anggota supply chain dalam hubungan kerja sama. Jika permintaan produk akhir bersifat probabilistik, maka supplier cenderung mempertahankan tingkat kapasitas yang relatif rendah untuk menghindari kelebihan kapasitas tidak terpakai. Sebaliknya, manufacturer lebih suka supplier memiliki kapasitas yang tinggi untuk menjamin pemenuhan permintaan. Optimasi model kontrak telah dikembangkan dalam kondisi permintaan yang bersifat probabilistik dan diketahui sebelum manufacturer melakukan pemesanan. Hasil optimasi kontrak kerja sama antara supplier dan manufacturer untuk jangka panjang memotivasi supplier untuk memiliki kapasitas yang lebih tinggi dan meningkatkan total supply chain profit.

Kata kunci: Hubungan kerja sama, permintaan probabilistik, optimasi kontrak.

Abstract

This paper focused on constructs an optimal contract model between a supplier and a manufacturer or retailer in two-echelon of a supply chain. Supply chain contracts have been suggested as a coordination mechanism that provides incentives to all supply chain members in collaborative relationships. If demand for the final product is probabilistic then the supplier has an incentive to keep its capacity relatively low to avoid creating unneeded capacity. The manufacturer, on the other hand, prefers the supplier's capacity to be high to ensure that the final demand satisfied. An optimal contract model, in which demand is probabilistic and realized before the manufacturer places its order, had been developed. The results indicate optimal contract between a supplier and a manufacturer for long term induce supplier to have a higher capacity and increase the total supply chain profit.

Keywords: collaborative relationships, probabilistic demand, optimal contracts.

1. Pendahuluan

Dalam dua dekade terakhir ini, perkembangan di bidang kerja sama antar perusahaan dalam suatu supply chain berkembang dengan cepat. Koordinasi dan *information sharing* di antara anggota supply chain dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi sistem. Adanya dilema yang dihadapi oleh pihak industri manufaktur dalam pemenuhan pesanan yang bersifat *customized* dan *make-to-order products* menjadi salah satu faktor penting perlunya kerja sama antar perusahaan. Dilema ini timbul karena keharusan untuk mengirimkan produk dengan *deadline* yang ketat karena pihak *buyers* ingin meminimasi resiko dengan mengurangi stok yang disimpan. Untuk mengatasi masalah ini, umumnya pihak industri manufaktur

membutuhkan komitmen ketersediaan bahan baku/komponen dari para *supplier* berdasarkan prediksi dalam bentuk *soft order* sebelum menyampaikan *purchase order* berdasarkan pesanan aktual dari konsumen. Namun di sisi yang lain, pihak *supplier* cenderung untuk menjaga kapasitas relatif rendah untuk menghindari terjadinya kelebihan kapasitas yang tidak terpakai. Oleh karena itu perlu dirancang suatu model kontrak kerja sama antara *supplier* dan *buyer* untuk mengatur mekanisme koordinasi yang saling menguntungkan. Adanya *supply chain contract* ini dapat memotivasi pihak manufaktur untuk memesan dalam jumlah besar dan pihak *supplier* juga berkomitmen untuk menyediakan kapasitas yang besar untuk menghindari pinalti akibat terjadinya kekurangan, sehingga keuntungan potensial dapat diperoleh secara penuh.

Perancangan kontrak kerja sama antara pihak manufaktur dan *supplier*, yang terlibat dalam suatu hubungan kolaborasi, menjamin informasi prediksi permintaan yang bersifat probabilitik telah disampaikan, sebelum *supplier* benar-benar memenuhi pesanan pihak manufaktur. Hal ini diperlukan sebagai dasar agar kontrak bersifat efektif. Keputusan *supplier* untuk berkomitmen menyediakan sejumlah kapasitas tertentu pada masing-masing periode selain mendatangkan keuntungan juga mengandung resiko akibat terjadinya kelebihan kapasitas yang tidak terpakai. Oleh karena itu perlu ditentukan kapasitas optimal yang harus disiapkan *supplier* tiap periode untuk memenuhi ekspektasi penjualan dari pihak manufaktur dalam kontrak kerja sama dalam jangka waktu tertentu.

Pada bagian 2 akan dibahas beberapa hasil penelitian yang terkait dengan kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur sebagai dasar perancangan model optimasi yang diturunkan pada bagian 3. Hasil pengembangan model optimasi kontrak kerja sama akan diujicobakan pada beberapa kasus permintaan yang bersifat probabilitik serta dianalisis pada bagian 4. Pada bagian terakhir berisi kesimpulan hasil pengembangan model dan rekomendasi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

2. Tinjauan Pustaka

Kontrak kerja sama dalam *supply chain* telah diusulkan sebagai suatu mekanisme koordinasi yang cukup efektif untuk menghasilkan insentif bagi semua anggota *supply chain*. *Supply chain contracts* seperti *buyback*, *quantity flexibility*, *backup*, *price protection*, *revenue sharing*, *profit sharing* dan *sales rebate* telah diteliti secara intensif dalam beberapa penelitian seperti oleh Eppen dan Iyer [1], Tsay [2], Lee et al. [3], dan Wang et al. [4]. Semua jenis kontrak ini menunjukkan hasil efektif jika permintaan diketahui setelah pihak manufaktur melakukan pemesanan.

Namun jika permintaan telah diketahui sebelum pihak manufaktur melakukan pemesanan dan setelah *supplier* menetapkan kapasitas yang harus dimiliki, maka kontrak kerja sama yang dirancang sebelum waktunya, mungkin menjadi tidak sesuai. Sebagai contoh, *buyback contract* yang dirancang untuk menangani pesanan yang melebihi permintaan. Oleh karena hal ini tidak akan terjadi jika permintaan telah diketahui sebelum melakukan pemesanan, maka kontrak ini menjadi tidak efektif lagi.

Oleh karena *supplier* harus menanggung sepenuhnya biaya investasi pengadaan kapasitas yang belum tentu termanfaatkan seluruhnya, maka *supplier* cenderung melakukan investasi kapasitas lebih rendah untuk mengurangi resiko kelebihan kapasitas tidak terpakai. Adanya

suatu kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur bertujuan memperkecil perbedaan antara kapasitas yang dimiliki *supplier* dan permintaan.

Pada bagian berikut ini akan dilakukan pengembangan model optimasi kontrak kerja sama dalam jangka waktu tertentu untuk kondisi permintaan dari pihak manufaktur yang bersifat probabilistik, agar diperoleh maksimum *total supply chain profit*.

3. Pengembangan Model

Pengembangan model kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur untuk menentukan besarnya kapasitas optimal yang harus dimiliki *supplier* untuk komitmen memenuhi permintaan pihak manufaktur yang bersifat probabilistik dalam jangka waktu tertentu. Tujuan yang ingin dicapai adalah memaksimalkan *total supply chain profits* yang terdiri dari *supplier profit* dan *manufacturer profit*. Pada bagian ini akan dibahas dua jenis kontrak kerja sama, yaitu:

- (1) Jika tidak ada pinalti atas kekurangan kapasitas dari *supplier* dalam memenuhi permintaan *manufacturer*, sehingga *total supply chain profits* dinyatakan sebagai:

$$\Pi_T = \Pi_S + \Pi_M \quad (1)$$

Dimana:

Π_T : *total supply chain profit* tanpa adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

Π_S : *supplier's profit* tanpa adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

Π_M : *manufacturer's profit* tanpa adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

- (2) Jika *supplier* dikenai pinalti atas kekurangan kapasitas dalam memenuhi permintaan *manufacturer*.

$$\Pi_{Tp} = \Pi_{Sp} + \Pi_{Mp} \quad (2)$$

Dimana:

Π_{Tp} : *total supply chain profit* dengan adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

Π_{Sp} : *supplier's profit* dengan adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

Π_{Mp} : *manufacturer's profit* dengan adanya pinalti atas kekurangan kapasitas.

Parameter model dan variabel keputusan yang akan digunakan dalam model optimasi kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur untuk jangka waktu tertentu didefinisikan sebagai berikut:

Parameter model:

x : variabel acak dari besarnya permintaan bahan baku/komponen dari pihak manufaktur per periode yang memiliki distribusi probabilitas $f(x)$; $x \sim f(x)$.

$F(x)$: fungsi kumulatif distribusi permintaan.

$F(x) = \int_a^x f(z) dz$; dimana: a dan b : minimum dan maksimum permintaan pihak manufaktur per periode.

P : harga jual per unit produk jadi dari pihak manufaktur.

C_k : biaya pengadaan kapasitas per unit oleh *supplier*.

C_p : biaya produksi per unit bahan baku/komponen dari *supplier*.

γ : fraksi biaya pemeliharaan kapasitas per unit per periode oleh *supplier* setelah periode pertama.

Variabel keputusan:

- n : jumlah periode dalam kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur.
 k^* : kapasitas efisien dari *supplier* jika *supplier* and pihak manufaktur dipandang sebagai satu kesatuan (terintegrasi).
 k_n : kapasitas optimal per periode yang dimiliki *supplier* untuk kerja sama selama n periode.
 w_n : harga jual per unit bahan baku/komponen dari *supplier* tanpa adanya penalti atas kekurangan kapasitas.
 w : harga jual per unit bahan baku/komponen dari *supplier* dengan adanya penalti atas kekurangan kapasitas.
 d : nilai pinalti per unit bahan baku/komponen yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*.

3.1 Kontrak kerja sama antara *supplier* dan *manufacturer* yang terintegrasi.

Jika *supplier* dan pihak manufaktur dipandang sebagai satu kesatuan dalam suatu *supply chain* melakukan kontrak kerja sama selama n periode dan *supplier* berkomitmen menyediakan bahan baku/komponen sesuai dengan kapasitas terpasang k unit per periode, maka biaya atas pengadaan dan pemeliharaan kapasitas selama n periode dengan fraksi biaya pemeliharaan kapasitas per unit, γ , dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$C_S = C_k \cdot k [1 + (n-1)\gamma] \quad (3)$$

Berdasarkan komitmen *supplier* untuk menyediakan kapasitas sebesar k unit per periode, maka ekspektasi penjualan dari pihak manufaktur adalah:

$$S_M = n \left\{ \int_a^k x \cdot f(x) dx + k [1 - F(k)] \right\} = n \left[k - \int_a^k F(x) dx \right] \quad (4)$$

Jadi *total supply chain profit* jika *supplier* dan pihak manufaktur terintegrasi, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Pi_T(k) &= S_M (P - C_p) - C_S \\ &= n \left[k - \int_a^k F(x) dx \right] (P - C_p) - C_k k [1 + (n-1)\gamma] \end{aligned} \quad (5)$$

Kapasitas yang efisien untuk kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur yang terintegrasi dapat diperoleh dari derivatif pertama fungsi *total supply chain profit* terhadap kapasitas dan ditetapkan bernilai nol sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{d}{dk} \Pi_T(k) &= n [1 - F(k^*)] (P - C_p) - C_k [1 + (n-1)\gamma] = 0 \\ F(k^*) &= 1 - \frac{C_k [1 + (n-1)\gamma]}{n(P - C_p)} \end{aligned} \quad (6)$$

3.2 Kontrak kerja sama tanpa pinalti.

Pada kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur yang dipandang secara terpisah sebagai *two echelon* dalam *supply chain*, maka *supplier* akan menjual setiap unit bahan baku/komponen kepada *manufacturer* dengan harga, w , dimana harga beli per unit dari *supplier* $C_k + C_p \leq w \leq P$. Jika dalam kontrak kerja sama tidak terdapat pinalti untuk setiap permintaan unit bahan baku/komponen dari *manufacturer* yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*, karena keterbatasan kapasitas terpasang sebesar k_n , maka *supplier's profit* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Pi_S(k_n, w) = n \left[k_n - \int_a^{k_n} F(x) dx \right] (w - C_p) - C_k k_n [1 + (n-1)\gamma] \quad (7)$$

Maksimum *supplier's profit* dapat diperoleh dari kapasitas optimal untuk kerja sama selama n periode, yang diturunkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial k_n} \Pi_S(k_n, w) &= n[1 - F(k_n)](w - C_p) - C_k [1 + (n-1)\gamma] = 0 \\ F(k_n^*) &= 1 - \frac{C_k [1 + (n-1)\gamma]}{n(w - C_p)} \end{aligned} \quad (8)$$

Berdasarkan komitmen kapasitas yang disediakan oleh *supplier*, maka *manufacturer's profit* adalah:

$$\Pi_M(k_n, w) = n \left[k_n - \int_a^{k_n} F(x) dx \right] (P - w) \quad (9)$$

Berdasarkan kapasitas optimal *supplier* (8), maka maksimum *manufacturer's profit* dapat diperoleh jika harga beli per unit bahan baku/komponen ke *supplier*, w^* , diturunkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial w} \Pi_M(k_n, w) &= \frac{\partial}{\partial k_n} \Pi_M(k_n, w) \cdot \frac{\partial k_n}{\partial w} \\ &= n[1 - F(k_n)](P - w^*) \left\{ \frac{C_k [1 + (n-1)\gamma]}{n(w^* - C_p)^2 f(k_n)} \right\} = n \left[k_n - \int_a^{k_n} F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (10)$$

Maksimum *total supply chain profit* diperoleh dari total *supplier's profit* (7) dan *manufacturer's profit* (9) untuk kontrak kerja sama tanpa pinalti atas unit permintaan *manufacturer* yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*, yang dapat dinyatakan dalam formulasi (1)

3.3 Kontrak kerja sama dengan pinalti.

Jika dalam kontrak kerja sama antara *supplier* dan *manufacturer* selama n periode tidak terdapat pinalti atas kekurangan kapasitas *supplier* dalam memenuhi permintaan *manufacturer* yang bersifat probabilistik, maka *supplier* cenderung untuk menyiapkan kapasitas rendah

untuk mengurangi resiko adanya kelebihan kapasitas tidak terpakai. Hal ini sangat merugikan pihak manufaktur dalam memenuhi kebutuhan bahan baku/komponen untuk jangka panjang. Hal ini memaksa pihak manufaktur untuk mengenakan pinalti sebesar d ke pihak *supplier* atas setiap unit yang tidak dapat dipenuhi *supplier*.

Ekspektasi unit kekurangan per periode di pihak manufaktur adalah:

$$E(L) = \int_{k_{np}}^b (x - k_{np}) f(x) dx \quad (11)$$

Ekspektasi biaya pinalti per periode yang harus ditanggung oleh *supplier* jika berkomitmen mengadakan kapasitas sebesar k_{np} adalah:

$$C_d = d \left[\int_{k_{np}}^b (x - k_{np}) f(x) dx \right] = d \left[b - k_{np} - \int_{k_{np}}^b F(x) dx \right] \quad (12)$$

Supplier's profit dengan adanya pinalti dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Pi_{Sp}(k_{np}, w) = n \left[k_{np} - \int_a^{k_{np}} F(x) dx \right] (w - C_p) - C_k k_{np} [1 + (n-1)\gamma] - nd \left[b - k_{np} - \int_{k_{np}}^b F(x) dx \right] \quad (13)$$

Maksimum *supplier's profit* dapat dicapai jika kapasitas optimal untuk kerja sama dengan pihak manufaktur selama n periode dengan adanya pinalti, yang dapat diturunkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial k_{np}} \Pi_{Sp}(k_{np}, w) &= n [1 - F(k_{np})] (w - C_p) - C_k [1 + (n-1)\gamma] + nd [1 - F(k_{np})] = 0 \\ F(k_{np}^*) &= 1 - \frac{C_k [1 + (n-1)\gamma]}{n(w + d - C_p)} \end{aligned} \quad (14)$$

Dalam hal ini, *manufacturer's profit* dapat diperoleh dengan cara yang sama (10) yang tergantung pada besarnya harga beli per unit bahan baku/komponen, w , dan besarnya pinalti, d , serta kapasitas terpasang dari *supplier*, k_{np} , yang memenuhi persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial w} \Pi_{Mp}(k_{np}, w) &= \frac{\partial}{\partial k_{np}} \Pi_{Mp}(k_{np}, w) \frac{\partial k_{np}}{\partial w} \\ &= n [1 - F(k_{np})] (P - w^*) \left\{ \frac{C_k [1 + (n-1)\gamma]}{n(w^* + d - C_p)^2 f(k_{np})} \right\} = n \left[k_{np} - \int_a^{k_{np}} F(x) dx \right] \end{aligned} \quad (15)$$

Maksimum *total supply chain profit* untuk kontrak kerja sama dengan adanya pialti atas permintaan *manufacturer* yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*, dapat diperoleh dari total *supplier's profit* (13) dan *manufacturer's profit* (10) dengan harga beli, w , dan besarnya pinalti, d , yang memenuhi persamaan (15).

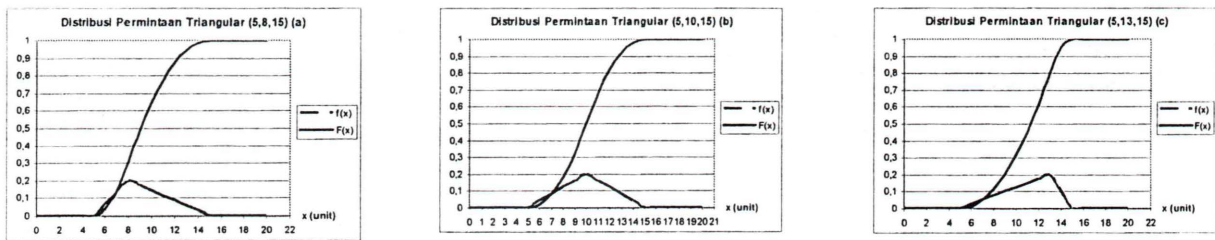
4. Hasil dan Pembahasan

Penerapan model optimasi kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur dilakukan untuk permintaan komponen dari pihak manufaktur yang berdistribusi triangular(a, c, b) dengan fungsi distribusi permintaan per bulan sebagai berikut:

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{untuk } a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(c-a)} & \text{untuk } x < x \leq b \\ 0 & \text{untuk yang lain} \end{cases} \quad (16)$$

Dimana: a : parameter lokasi.
 $(b-a)$: parameter skala.
 c : parameter bentuk.

Pada bagian ini akan diuji cobakan 3 bentuk distribusi triangular untuk melihat dampak dari skewness distribusi permintaan dari pihak manufaktur terhadap besarnya kapasitas optimal *supplier* yang dikomitmenkan dalam kontrak kerja sama selama n periode, $1 \leq n \leq 10$ bulan. Ketiga distribusi permintaan tersebut adalah triangular (5,8,15) ~ *skewness to the right*; triangular (5,10,15) ~ *symetric distribution*; dan triangular (5,13,15) ~ *skewness to the right* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



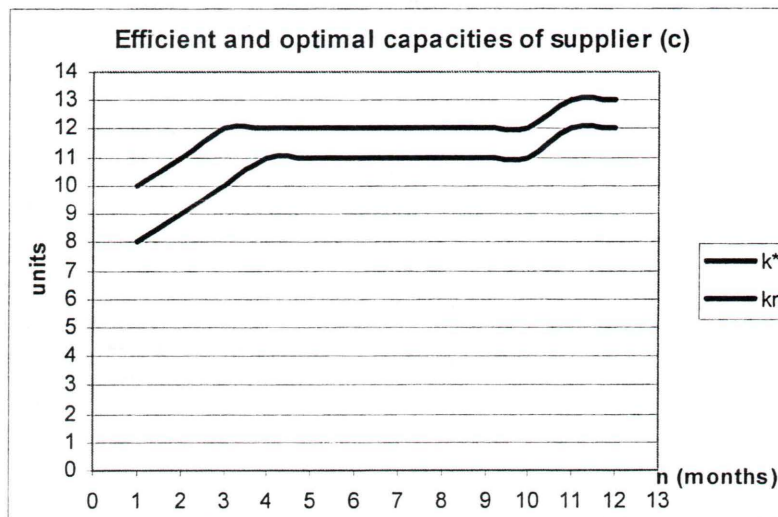
Gambar 1. (a) adalah triangular (5,8,15); (b) triangular (5,10,15) dan (c) triangular (5,13,15). Berdasarkan fungsi distribusi permintaan pada (16), maka fungsi distribusi kumulatif dari triangular adalah:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } x < a \\ \frac{(x-a)^2}{(b-a)(c-a)} & \text{untuk } a \leq x \leq c \\ 1 - \frac{(b-x)^2}{(b-a)(c-a)} & \text{untuk } c < x \leq b \\ 1 & \text{untuk } x > b \end{cases} \quad (17)$$

Untuk biaya pengadaan kapasitas per unit oleh *supplier*, $C_k = \text{Rp. } 3$ juta, biaya produksi per unit dari *supplier* $C_p = \text{Rp. } 2$ juta dan harga jual dari pihak manufaktur $P = \text{Rp. } 10$ juta, maka dengan menggunakan persamaan (6) dan (8) diperoleh kapasitas efisien dan kapasitas optimal untuk kontrak kerja sama selama n periode, $1 \leq n \leq 10$ bulan seperti ditunjukkan pada Tabel 1 untuk ketiga bentuk distribusi dan Gambar 2. untuk distribusi permintaan per bulan: triangular (5,13,15).

Tabel 1. Kapasitas efisien dan kapasitas optimal *supplier*.

| Periode kontrak, n bulan | Distribusi permintaan (unit/bulan) | | | | | |
|--------------------------|------------------------------------|----|----------------------|----|----------------------|----|
| | Triangular (5,8,15) | | Triangular (5,10,15) | | Triangular (5,13,15) | |
| | k^* | kn | k^* | kn | k^* | kn |
| 1 | 8 | 7 | 9 | 7 | 10 | 8 |
| 2 | 9 | 8 | 10 | 8 | 11 | 9 |
| 3 | 10 | 9 | 11 | 9 | 12 | 10 |
| 4 | 10 | 9 | 11 | 9 | 12 | 11 |
| 5 | 10 | 9 | 11 | 9 | 12 | 11 |
| 6 | 10 | 9 | 11 | 9 | 12 | 11 |
| 7 | 11 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| 8 | 11 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| 9 | 11 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| 10 | 11 | 10 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| 11 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 12 |
| 12 | 11 | 10 | 11 | 10 | 13 | 12 |


 Gambar 2. Kapasitas efisien dan kapasitas optimal *supplier* untuk permintaan pihak manufaktur berdistribusi triangular (5,13,15) unit per bulan.

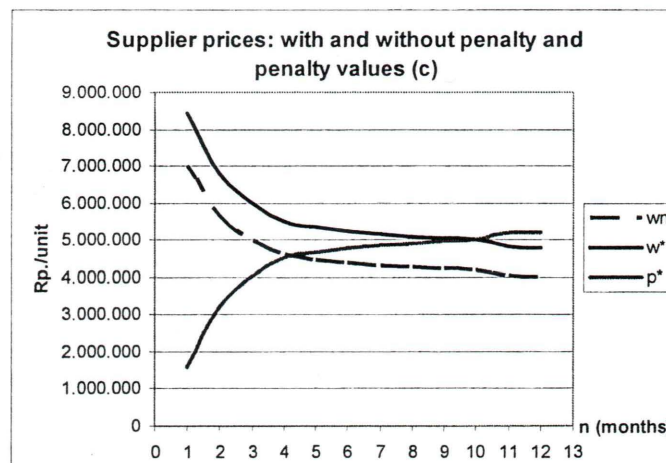
Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas optimal *supplier* untuk masing-masing bentuk distribusi permintaan pihak manufaktur seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. tampak bahwa kapasitas optimal yang dihasilkan dari model kontrak antara *supplier* dan pihak manufaktur yang dipandang secara terpisah sebagai *two echelon* dalam suatu *supply chain* selalu lebih rendah dibandingkan dengan kapasitas efisien *supplier* jika antara *supplier* dan pihak manufaktur dipandang sebagai satu kesatuan yang terintegrasi. Selain itu, dapat disimpulkan untuk permintaan pihak manufaktur yang bersifat probabilistik, maka semakin lama masa kontrak, semakin tinggi kapasitas terpasang yang dikomitmenkan oleh pihak *supplier*. Hal ini memberikan jaminan kepada pihak manufaktur yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan komponen untuk jangka panjang.

Selanjutnya akan diuji pengaruh ada dan tidaknya penalti atas kekurangan kapasitas *supplier* dalam memenuhi permintaan pihak manufaktur. Dengan menggunakan persamaan (10) dan (15) maka diperoleh nilai optimal harga beli per unit dan penalti untuk kontrak kerja sama

selama n periode, $1 \leq n \leq 10$ bulan, seperti ditunjukkan pada Tabel 2. dan Gambar 3. untuk permintaan pihak manufaktur berdistribusi triangular (5,13,15).

Tabel 2. Hasil perhitungan harga beli dengan dan tanpa pinalti serta nilai pinalti untuk permintaan pihak manufaktur berdistribusi triangular (5,13,15) unit per bulan.

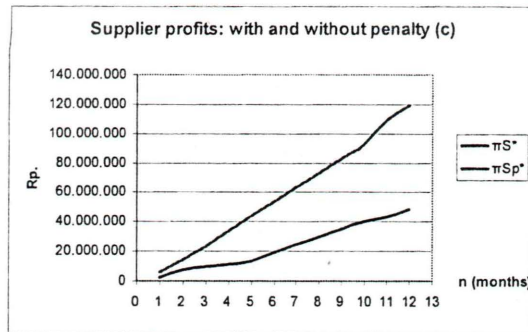
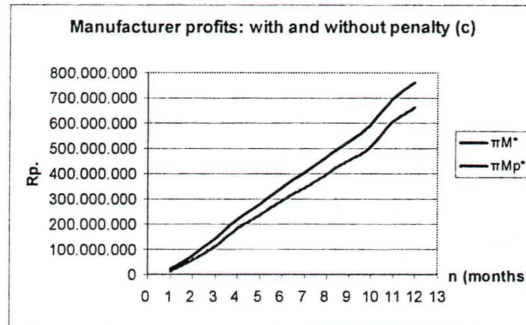
| Periode kontrak, n bulan | Distribusi permintaan (unit/bulan) | | |
|--------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|
| | Triangular (5,13,15) | | |
| | w_n | w^* | d^* |
| 1 | 7.015.173,58 | 8.418.208,30 | 1.581.791,70 |
| 2 | 5.650.285,73 | 6.780.342,88 | 3.219.657,12 |
| 3 | 4.980.453,25 | 5.976.543,90 | 4.023.456,10 |
| 4 | 4.577.699,53 | 5.493.239,44 | 4.506.760,56 |
| 5 | 4.447.496,91 | 5.336.996,29 | 4.663.003,71 |
| 6 | 4.357.082,21 | 5.228.498,66 | 4.771.501,34 |
| 7 | 4.290.576,33 | 5.148.691,59 | 4.851.308,41 |
| 8 | 4.239.576,98 | 5.087.492,38 | 4.912.507,62 |
| 9 | 4.199.214,18 | 5.039.057,01 | 4.960.942,99 |
| 10 | 4.166.467,66 | 4.999.761,19 | 5.000.238,81 |
| 11 | 4.015.542,94 | 4.818.651,53 | 5.181.348,47 |
| 12 | 3.993.876,79 | 4.792.652,15 | 5.207.347,85 |



Gambar 3. Harga beli dengan dan tanpa pinalti serta pinalti *supplier* untuk permintaan pihak manufaktur berdistribusi triangular (5,13,15) unit per bulan.

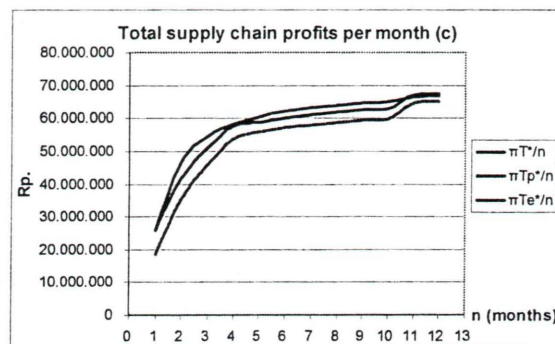
Pada kontrak kerja sama dengan adanya pinalti untuk unit yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*, menghasilkan harga beli per unit yang lebih tinggi dibandingkan dengan harga beli per unit tanpa pinalti. Semakin panjang masa kontrak akan memberikan harga beli per unit semakin rendah dan nilai pinalti semakin tinggi, sebagai jaminan keberlangsungan kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur dalam melakukan transaksi bisnis secara berulang untuk jangka panjang.

Perbandingan *supplier's profits* dan *manufacturer's profits* antara tanpa dan adanya pinalti sebagai hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (7) dan (13) untuk masa kontrak selama n periode, $1 \leq n \leq 10$ bulan ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 berikut.

Gambar 4. *Supplier's profits*Gambar 5. *Manufacturer's profits*

Dengan adanya pinalti atas setiap unit permintaan pihak manufaktur yang tidak dapat dipenuhi oleh *supplier*, maka memaksa *supplier* untuk memasang kapasitas dan menetapkan harga per unit lebih tinggi dibandingkan tanpa pinalti, dan hal ini menghasilkan *supplier's profits* yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pinalti. Namun hal sebaliknya terjadi pada pihak manufaktur, dengan adanya pinalti yang dikenakan kepada *supplier* dalam kontrak kerja sama, maka *supplier* lebih berhati-hati sehingga resiko permintaan yang tidak terpenuhi lebih kecil untuk masa kontrak yang semakin lama, sehingga *manufacturer's profit* dengan pinalti lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pinalti, oleh karena lebih tingginya harga beli per unit ke *supplier*.

Selanjutnya dihitung maksimum *total supply chain profits per periode* dari jumlahan *supplier's* and *manufacturer's profits* baik untuk kontrak kerja sama tanpa dan dengan adanya pinalti seperti ditunjukkan pada Gambar 6. untuk permintaan pihak manufaktur berdistribusi triangular (5,13,15). Tampak maksimum *total supply chain profits per periode* tertinggi dicapai bila *supplier* dan pihak manufaktur terintegrasi. Maksimum *total supply chain profits per periode* semakin tinggi jika masa kontrak semakin lama, hal ini dapat memotivasi kolaborasi antara *supplier* dan pihak manufaktur untuk jangka panjang.

Gambar 6. *Total supply chain profits per month*

5. Kesimpulan

Model optimasi kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur atau retailer telah dikembangkan untuk menentukan kapasitas optimal *supplier* yang dikomitmenkan dalam memenuhi permintaan pihak manufaktur yang bersifat probabilistik. Kondisi hubungan kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur yang dipandang sebagai satu kesatuan terintegrasi menghasilkan kapasitas efisien yang lebih tinggi. Semakin lama masa kontrak kerja sama akan memotivasi *supplier* untuk berkomitmen dengan menyediakan kapasitas lebih tinggi dan harga beli per unit yang semakin rendah. Adanya pinalti yang dikenakan kepada *supplier* untuk setiap unit permintaan pihak manufaktur yang tidak dapat dipenuhi, akan memaksa pihak *supplier* untuk menyediakan kapasitas dan menetapkan harga jual per unit ke pihak manufaktur yang lebih tinggi. Maksimum *total supply chain profits per periode* juga meningkat dengan semakin lamanya masa kontrak kerja sama.

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut yang terkait dengan implementasi model optimasi kontrak kerja sama antara *supplier* dan pihak manufaktur dapat dilakukan pada pengembangan sistem dan infrastruktur agar efektifitas hubungan kerja sama ini dapat berlangsung sesuai dengan kesepakatan dalam kontrak. Selain itu juga perlu pengaturan cost and revenue sharing di antara pihak yang terlibat dalam kerja sama untuk investasi kapasitas.

6. Daftar rujukan

- [1] Eppen, G., dan Iyer, A. (1997) "Backup agreements in fashion buying-the value of upstream flexibility", *Management Science*, Vol. 43, No. 11, pp. 1469 – 1484.
- [2] Tsay, A. (1999) "The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives", *Management Science*, Vol. 45, No. 11, pp. 1339 – 1358.
- [3] Lee, H., Padmanabhan, V., Taylor, T., dan Whang, S. (2002) "Price protection in the personal computer industry", *Management Science*, Vol. 46, No. 5, pp. 467 – 482.
- [4] Wang, H., Guo, M., dan Efstathiou, J. (2004) "A game-theoretical cooperative mechanism design for a two-echelon decentralized supply chain", *European Journal of Operational Research*, Vol. 157, No. 2, pp. 372 – 388.