

Model Kolaborasi Vendor - Buyer Untuk Deterioration Item Pada Skema Pembayaran Progresif

Anthony Reinaldo Halim¹, I Gede Agus Widyadana, S.T., M. Eng., Ph.D²

Abstract: Model kolaborasi *vendor – buyer* untuk *deterioration item* pada skema pembayaran progresif adalah kenaikan pembayaran yang membesar oleh pemasok untuk *productsdeliver* hingga titik *delivery* tertentu. Pembeli harus membayar bunga penundaan apabila pembeli tidak membayar pada periode penundaan yang pertama, bunga akan meningkat pada periode penundaan yang kedua, dan seterusnya. Tujuan tugas akhir ini adalah untuk mengembangkan model kolaborasi *vendor – buyer* untuk *deterioration item* pada skema pembayaran progresif.

Pada tugas akhir ini, model kolaborasi diselesaikan dengan menggunakan metode genetic algorithm. Contoh numeric digunakan untuk mengilustrasikan model dan alaisa sensitivitas digunakan untuk meverifikasi model. Solusi dari model menunjukkan bahwa model kolaborasi lebih menguntungkan pihak pemasok karena, pembeli akan dipaksa untuk membeli dalam jumlah yang besar.

Keywords: Kolaborasi, Pembayaran Progresif, *Genetic Algorithm*, *Deteriorating Item*

Pendahuluan

Manajemen rantai pasok adalah salah satu bagian penting dalam perusahaan oleh karena itu diperlukan banyak inovasi dalam manajemen rantai pasok. Inovasi dalam manajemen rantai pasok salah satunya adalah dengan memberikan kebijakan penundaan pembayaran kepada pembeli. Konsekuensi dari penundaan pembayaran ini adalah dengan pemberian suku bunga yang terus meningkat apabila pembayaran tidak segera diselesaikan.

Contoh dari pembayaran progresif adalah kebijakan pelunasan pembayaran nasabah bank, dimana bank menetapkan waktu yang telah ditentukan untuk pembayaran dengan suku bunga tertentu. Apabila nasabah tidak melunasi pinjaman dana pada batas waktunya, maka nasabah akan terkena suku bunga untuk pembayaran yang belum dilunasi.

Dilain hal persediaan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha. Persediaan memiliki kelebihan dan kekurangan. Persediaan dapat menjadi *waste* dan menimbulkan resiko terjadinya *deterioration* pada persediaan. *Deterioration* adalah faktor yang perlu diperhatikan karena *deterioration* memiliki peranan besar dalam melakukan persediaan dan dapat mempengaruhi kuantitas

persediaan. *Deterioration* adalah perubahan keadaan suatu produk menjadi lebih buruk.

Penelitian yang terdahulu oleh Goyal dkk(2007) mengenai kebijakan pemesanan yang optimal dengan pemasok menawarkan skema suku bunga progresif. Skema suku bunga progresif merupakan sistem pembayaran dengan suku bunga yang akan meningkat apabila pembayaran tidak dilunasi hingga periode tertentu.

Penelitian Goyal dkk(2007) membangun suatu model *Economic Order Quantity*(EOQ) untuk pembeli saat pemasok menetapkan suku bunga progresif namun tidak menganalisa mengenai faktor *deteriorating* dan kolaborasi pemasok-pembeli. Penelitian yang akan dilakukan mengembangkan model Goyal dkk(2007) dengan menggambarkan bagaimana hasil yang didapat oleh pembeli maupun pemasok apabila kedua belah pihak berusaha memaksimalkan keuntungannya dengan berkolaborasi dan model akan dibangun dengan mempertimbangkan faktor *deteriorating* dari persediaan.

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: m25408001@john.petra.ac.id, gedeaw@gmail.com

Model Matematis dan Desain Algoritma

Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- Permintaan untuk satu jenis barang dengan jumlah konstan per periode waktunya.
 - Kekurangan stok tidak diijinkan.
 - Pemenuhan bahan baku terjadi secara terus menerus dan instan apabila stok persediaan pembeli habis.
 - Pemasok memberikan kepada pembeli perjanjian pembayaran sebagai berikut: Apabila pembeli membayar pada saat periode penundaan (M_1), maka pemasok tidak akan memberikan bunga apapun. Pembeli akan dikenakan bunga apabila membayar pada saat setelah periode penundaan pertama (M_1) dan sebelum periode penundaan kedua (M_2) dengan besar suku bunga (I_{c1}). Pembeli akan dikenakan bunga (I_{c2}) apabila pembeli membayar setelah periode penundaan kedua (M_2) dimana ($I_{c2} > I_{c1}$).
 - Waktu periode transaksi tidak terbatas.
- Laju produksi (P) lebih besar daripada laju permintaan (D).

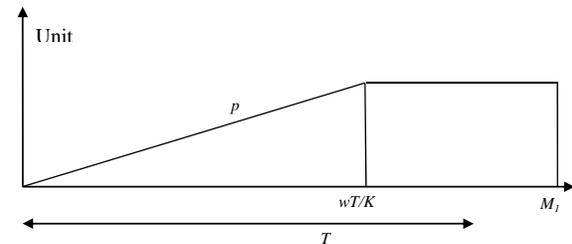
Notasi

I :	Jumlah dari produk
T :	Siklus pemenuhan pemesanan
Q :	Jumlah pemesanan
m :	Jumlah pengiriman
K :	Jumlah pengiriman yang dilakukan selama periode T
w :	Jumlah pengiriman yang dilakukan selama siklus produksi
p :	Laju produksi dari pemasok (unit/tahun)
d :	Laju permintaan dari pembeli (unit/tahun)
A :	Biaya pemesanan pembeli
A_v :	Biaya persiapan produksi pemasok
C_t :	Biaya transportasi
h_b :	Biaya persediaan pembeli/unit
h_o :	Biaya kesempatan pembeli
h_v :	Biaya persediaan pemasok/unit
h_{vo} :	Biaya kesempatan pemasok
c :	Harga beli produk/unit
θ_v :	Rate of deterioration pada pemasok
θ_b :	Rate of deterioration pada pembeli
p_r :	Harga jual produk
IP :	Rata-rata jumlah persediaan pemasok

I_{c1} :	Suku bunga yang dibebankan untuk setiap \$ dalam stok/tahun kepada pemasok saat pembeli membayar setelah M_1 dan sebelum M_2
I_{c2} :	Suku bunga yang dibebankan untuk setiap \$ dalam stok/tahun kepada pemasok saat pembeli membayar setelah M_2
I_e :	Suku bunga yang ditetapkan bank
M_1 :	Periode penundaan pertama yang diperbolehkan
M_2 :	Periode penundaan kedua yang diperbolehkan
$T I_{ev}$:	Total biaya kesempatan pemasok
$T I_{eb}$:	Total bunga keuntungan pembeli
$T I_{c1}$:	Total bunga yang dibebankan kepada pembeli atau total bunga yang diterima pemasok jika pembeli membayar setelah M_1 dan sebelum M_2
$T I_{c2}$:	Total bunga yang dibebankan kepada pembeli atau total bunga yang diterima pemasok jika pembeli membayar setelah M_2
$T I S$:	Total Incremental Annual Cost
$T B U C$:	Biaya total dari pembeli
$T V U C$:	Biaya total dari pemasok
$T S C$:	Biaya total supply chain

Kasus 1

Kasus satu merupakan kasus dimana siklus pemenuhan pemesanan (T) berada pada periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) atau sebelum periode pembayaran pertama (M_1) atau dapat dituliskan dengan ($T \leq M_1$). Pembayaran dilakukan pembeli paling lambat pada periode penundaan pertama (M_1), sehingga timbul biaya kesempatan bagi pemasok seperti pada Gambar 3 berikut.



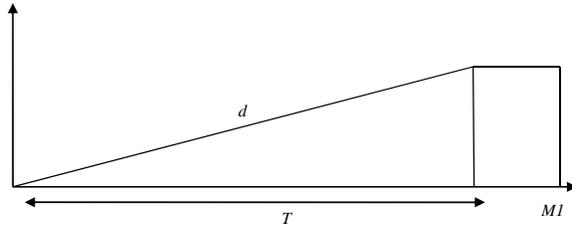
Gambar 3 Biaya Kesempatan yang Diterima Pemasok Pada Kasus 1

Pembeli pada kasus ini menjual produk sejumlah (mK) selama periode (T) sehingga total biaya pembelian dapat dibayarkan kepada pemasok secara penuh pada periode penundaan pertama (M_1). Sehingga pemasok memiliki bunga kesempatan pada waktu nol hingga periode penundaan pertama (M_1). Total

bunga kesempatan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TI_{ev} = \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (1)$$

Pembeli akan menerima bunga keuntungan dari penundaan pembayaran hingga periode penundaan pertama (M_1), yang dapat digambarkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4 Total Bunga Keuntungan Pembeli Pada Kasus 1

Pembeli tidak menerima bunga penundaan (I_c) karena pembeli membayar sebelum atau tepat pada periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1). Pembeli mendapatkan bunga keuntungan/bunga bank (I_e) karena pembeli membayar pada periode penundaan pertama (M_1). Bunga yang diterima dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TI_{eb} = I_e dT \left(M_1 - \frac{T}{2} \right) \quad (2)$$

Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e dT \left(M_1 - \frac{T}{2} \right) \quad (3)$$

Total produksi yang ada sama dengan total permintaan, sehingga:

$$\frac{pWT}{K} = d(1 + \theta_v)T \quad (4)$$

$$w = \frac{d(1+\theta_v)K}{p} \quad (5)$$

Biaya total persediaan pemasok dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (6)$$

Biaya total *supply chain* dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e dT \left(M_1 - \frac{T}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (7)$$

Kasus 2

Kasus dua merupakan kasus dimana siklus pemenuhan pemesanan T berada pada periode penundaan kedua yang diperbolehkan (M_2) atau sebelum periode penundaan kedua (M_2) dan sesudah periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) atau dapat dituliskan dengan ($M_1 < T \leq M_2$). Kasus dua memiliki dua kemungkinan, yaitu:

- Kasus 2.1 merupakan kasus dimana pembeli melakukan pembayaran penuh pada periode (M_1). Kasus ini memiliki dua jenis kemungkinan, yaitu laju produksi (p) memiliki periode yang lebih kecil dari periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) dan laju produksi (p) memiliki periode yang lebih besar atau sama dengan periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1).
- Kasus 2.2 merupakan kasus dimana pembeli melakukan pembayaran penuh pada periode penundaan kedua (M_2). Kasus ini memiliki dua jenis kemungkinan, yaitu laju produksi (p) memiliki periode yang lebih kecil dari periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) dan laju produksi (P) memiliki periode yang lebih besar atau sama dengan periode penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1).

Kasus 2.1

Kasus 2.1 mendapat dua macam kemungkinan, yaitu:

Kasus 2.1a memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih besar daripada (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (8)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (9)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p w T}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (10)$$

Kasus 2.1b memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih kecil atau sama dengan (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (11)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} \quad (12)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} \quad (13)$$

Kasus 2.2

Kasus 2.2 memiliki dua jenis kemungkinan yang terjadi, yaitu:

Kasus 2.2a memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih besar daripada (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (14)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p w T}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (15)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p w T}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (16)$$

Kasus 2.2b memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih kecil atau sama dengan (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (17)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (18)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw_{\frac{T}{K}} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r d M_1 + \frac{p_r I_e d M_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (19)$$

Kasus 3

Kasus tiga merupakan kasus dimana siklus pemenuhan pemesanan (T) berada pada periode lebih besar dari waktu penundaan kedua yang diperbolehkan (M_2) atau sama dengan waktu penundaan kedua (M_2) yang diperbolehkan atau dapat dituliskan dengan ($T \geq M_2$). Kasus tiga memiliki tiga kemungkinan, yaitu:

- Kasus 3.1 merupakan kasus dimana pembeli melakukan pembayaran penuh pada periode (M_1). Kasus ini memiliki dua jenis kemungkinan, yaitu laju produksi (p) memiliki periode yang lebih kecil dari penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) dan laju produksi (p) memiliki periode yang lebih besar atau sama dengan penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1).
- Kasus 3.2 merupakan kasus dimana pembeli melakukan pembayaran penuh pada periode (M_2). Kasus ini memiliki dua jenis kemungkinan, yaitu laju produksi (p) memiliki periode yang lebih kecil dari penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) dan laju produksi (p) memiliki periode yang lebih besar atau sama dengan penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1).
- Kasus 3.3 merupakan kasus dimana pembeli melakukan pembayaran penuh

pada periode setelah (M_2). Kasus ini memiliki dua jenis kemungkinan, yaitu laju produksi (p) memiliki periode yang lebih kecil dari penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1) dan laju produksi (p) memiliki periode yang lebih besar atau sama dengan penundaan pertama yang diperbolehkan (M_1).

Kasus 3.1

Kasus 3.1a memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih besar daripada (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (20)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (21)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) \quad (22)$$

Kasus 3.1b memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih kecil atau sama dengan (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (23)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pM_1^2}{2} \quad (24)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pM_1^2}{2} \quad (25)$$

Kasus 3.2

Kasus 3.2a memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih besar daripada (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) +$$

$$\frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (26)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (27)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) +$$

$$\frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pWT}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (28)$$

Kasus 3.2b memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih kecil atau sama dengan (wT/K).

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (29)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pM_1^2}{2} - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (30)$$

$$TSC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) +$$

$$\frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K}-mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0}pM_1^2}{2} - \frac{I_{c1}}{2p_r d} \left(cdT - \left(p_r dM_1 + \frac{p_r I_e dM_1^2}{2} \right)^2 \right) \quad (31)$$

Kasus 3.3

Kasus 3.3a memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih besar daripada (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{mK} + \frac{C_t K d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2(2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) - I_{e_b} \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (32)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p w T}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) \quad (33)$$

$$TSC = \frac{Ad}{m} + \frac{c_t K d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2 (2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) - I_{eb} \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p w T}{K} \left(M_1 - \frac{wT}{2K} \right) - \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) \quad (34)$$

Kasus 3.3b memiliki periode penundaan pembayaran pertama (M_1) yang lebih kecil atau sama dengan (wT/K). Total biaya persediaan dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$TBUC = \frac{Ad}{m} + \frac{c_t K d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2 (2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) \quad (35)$$

$$TVUC = \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} - \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) \quad (36)$$

$$TSC = \frac{Ad}{m} + \frac{C_t K d}{m} + \left(\frac{d(2+\theta_b T/K)}{\theta_b^2 (2-\theta_b T/K)} - \frac{d+d\theta_b T/K}{\theta_b^2} \right) \left(\frac{H_b K}{T} \right) + \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) - I_e \left(\frac{dM_1^2}{2} \right) + \frac{A_v d}{mK} + \frac{(pw\frac{T}{K} - mK)H_v}{\theta_v T} + \frac{h_{v0} p M_1^2}{2} - \left(I_{c1} \left(\frac{a+b}{2} \right) (M_2 - M_1) + I_{c2} \left(\frac{b^2}{2p_r d} \right) \right) \quad (37)$$

Analisa Perhitungan

Model Kolaborasi

Parameter yang digunakan dalam GA untuk optimasi variabel keputusan kolaborasi adalah sebagai berikut:

- Jumlah Populasi : 20 Individu
- Jumlah Generasi : 1000 Generasi
- Metode selection : *Roulette Wheel Selection*
- Metode crossover : *Scattered*

- Mutasi : *Constraint Dependent*
- *Elitism* : 2
- Variabel : K, T, M_1, M_2

Tabel 1 Nilai Parameter Model Kolaborasi

Parameter	Nilai
A	200
A_v	150
h_b	4
h_v	4
h_{v0}	110
I_e	4%
I_{c1}	2%
I_{c2}	6%
D	1000
P	4000
C_t	100
P_r	30
c	25
θ_v	9%
θ_b	9%

Tabel 2 Total Biaya *Supply Chain* Model Kolaborasi

K optimal	T optimal	M_1 optimal	M_2 optimal	TCB	TCV	TC	TCB/TC
2	1,992 1875	0	1,1875	3104, 36	1192, 1	4296, 46	0,723
2	1,992 1875	0	1,5	3104, 36	1192, 1	4296, 46	0,723
2	1,992 1875	0	1,75	3104, 36	1192, 1	4296, 46	0,723
2	1,992 1875	0	1,2343 75	3104, 36	1192, 1	4296, 46	0,723
2	1,992 1875	0	0,1718 75	3104, 36	1192, 1	4296, 46	0,723

Tabel 2 di atas mengindikasikan bahwa, pemasok berusaha mengurangi jumlah pengiriman (K) dan memperlama siklus pemenuhan (T). Dengan kata lain, pemasok memaksa pembeli untuk membeli produk dalam jumlah yang besar sehingga siklus pemenuhan pemesanan (T) lebih besar daripada periode penundaan (M_1, M_2). Solusi menunjukkan gejala serupa pada model kolaborasi dimana pemasok selalu lebih diuntungkan, oleh sebab itu agar model kolaborasi juga menarik bagi pembeli maka, akan dilakukan pembatasan biaya pada dua belah pihak. Pada penelitian ini dibuat pembatasan antara 0,4 – 0,6 dari total biaya.

Tabel 3 Total Biaya *Supply Chain* Model Kolaborasi dengan Batasan 0,4 – 0,6

$K_{optimal}$	$T_{optimal}$	$M1_{optimal}$	$M2_{optimal}$	TCB	TCV	TC	TCB/TC
3	1,9921875	0	0,078125	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
3	1,9921875	0	1,203125	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
3	1,9921875	0	0,96875	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
4	1,9921875	0	0,390625	2140,28	2235,6	4375,88	0,489
4	1,9921875	0	1,21875	2140,28	2235,6	4375,88	0,489

Dapat dilihat pada Tabel 3 di atas setelah dilakukan pembatasan pada model kolaborasi, biaya total meningkat sebesar 34,21 dibandingkan dengan biaya total pada Tabel 2 dengan adanya pembatasan ini total biaya akan meningkat namun keuntungan yang didapatkan dengan melakukan kolaborasi akan didapatkan oleh pemasok dan pembeli dengan lebih seimbang sehingga, tidak ada yang menerima biaya yang lebih besar dari pada pihak lainnya.

Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas digunakan untuk mempelajari pengaruh perubahan parameter pada hasil terbaik, analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah parameter biaya kirim (C_i), *holding cost* per item pembeli (h_b), dan *holding cost* per item pemasok (h_v)

Analisa Sensitivitas Model Kolaborasi

Tabel 4. Analisa Sensitivitas Biaya Kirim

C_i	$K_{optimal}$	$T_{optimal}$	$M1_{optimal}$	$M2_{optimal}$	TCB	TCV	TC	TCB/TC
60	3	1,9921875	0	1,5625	2406,15	1891,2	4297,35	0,560
80	2	1,6796875	0	0,40625	2539,74	1775,4	4315,14	0,589
100	3	1,9921875	0	0,078125	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
120	3	1,9921875	0	0,421875	2468,7	1891,2	4359,9	0,566
140	3	1,9921875	0	1,15625	2497,93	1891,2	4389,13	0,569

Tabel 4 di atas mengindikasikan untuk setiap biaya transportasi (C_i) yang meningkat biaya total akan meningkat karena pembeli harus menanggung biaya pengiriman yang mempengaruhi kenaikan biaya total pada pembeli. Jumlah pengiriman akan dijaga tetap stabil agar menjaga tingkat persediaan tidak terlalu rendah maupun terlalu tinggi.

Tabel 5 Analisa Sensitivitas Biaya Penyimpanan Pembeli

H_b	$K_{optimal}$	$T_{optimal}$	$M1_{optimal}$	$M2_{optimal}$	TCB	TCV	TC	TCB/TC
2,4	1	1,1171875	0	1,09375	1926,89	1556,4	3483,29	0,553
3,2	2	1,7421875	0	1,625	2303,67	1661,8	3965,47	0,581
4	3	1,9921875	0	0,078125	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
4,8	4	1,9921875	0	0,515625	2344,07	2235,6	4579,67	0,512
5,6	6	1,9921875	0	0,640625	2166,24	2576,6	4742,84	0,457

Tabel 5 di atas mengindikasikan bahwa setiap kenaikan biaya penyimpanan pembeli (H_b), pembeli untuk memperbanyak jumlah pengiriman (K). Jumlah pengiriman (K) yang semakin banyak maka pembeli dapat membeli dalam jumlah yang sedikit dan menyebabkan biaya penyimpanan pada pembeli mengecil dan biaya penyimpanan pada pemasok membesar.

Tabel6 Analisa Sensitivitas Biaya Penyimpanan Pemasok

H_v	$K_{optimal}$	$T_{optimal}$	$M1_{optimal}$	$M2_{optimal}$	TCB	TCV	TC	TCB/TC
2,4	6	1,9765625	0	0,5	1881,46	1261,6	3143,06	0,599
3,2	4	1,9921875	0	1,515625	2140,21	1637,9	3778,11	0,566
4	3	1,9921875	0	0,078125	2439,47	1891,2	4330,67	0,563
4,8	2	1,84375	0	0,609375	2839,87	1894,8	4734,67	0,600
5,6	-	-	-	-	-	-	inf	-

Tabel 6 di atas mengindikasikan bahwa setiap kenaikan biaya penyimpanan pemasok (H_v) akan mempengaruhi pemasok untuk memperkecil jumlah pengiriman (K). Dengan jumlah pengiriman (K) yang semakin sedikit maka pembeli akan membeli dalam jumlah yang besar dan menyebabkan biaya penyimpanan pada pembeli membesar.

Perbandingan Model Kolaborasi dan Non Kolaborasi

Analisa Sensitivitas Biaya Kirim

Model kolaborasi akan didapatkan pengurangan biaya total rantai pasok, namun pada model kolaborasi siklus pemenuhan pemesanan (T) selalu lebih besar dan jumlah pengiriman (K) akan lebih kecil daripada model optimasi *buyer*, dengan kata lain pemasok memaksa pembeli untuk membeli dalam jumlah yang besar.

Analisa Sensitivitas Biaya Penyimpanan Pembeli

Pada model kolaborasi kenaikan biaya penyimpanan pembeli (H_b) mempengaruhi kenaikan jumlah pengiriman (K) dan siklus pemenuhan pemesanan (T) sedangkan pada model optimasi *buyer* kenaikan jumlah pengiriman (K) dijaga agar tetap stabil dan siklus pemenuhan pemesanan (T) lebih kecil dibandingkan dengan model kolaborasi.

Analisa Sensitivitas Biaya Penyimpanan Pemasok

Pada model kolaborasi kenaikan biaya penyimpanan pemasok (H_v) mempengaruhi penurunan jumlah pengiriman (K) dan siklus pemenuhan pemesanan yang besar (T) sedangkan pada model optimasi *buyer* kenaikan jumlah pengiriman (K) dijaga agar tetap stabil dan siklus pemenuhan pemesanan (T) lebih kecil dibandingkan dengan model kolaborasi.

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dibentuk model kolaborasi antara pemasok dan pembeli untuk *deterioration item* pada skema pembayaran progresif, penyelesaian model matematik ini dilakukan dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm*.

Model kolaborasi tanpa pembatasan beban biaya yang menunjukkan dimana pemasok akan lebih diuntungkan apabila dilakukan kolaborasi, hal ini disebabkan karena pemasok akan memaksa pembeli untuk membeli dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu dilakukan pembatasan beban biaya agar model kolaborasi ini dapat menarik pembeli untuk melakukan kolaborasi dengan pemasok. Dengan adanya pembatasan beban biaya ini keuntungan yang didapat dari kolaborasi akan dibagi dengan lebih merata.

Model optimasi pembeli akan lebih menguntungkan pembeli, pada model optimasi pembeli pembeli tidak akan dipaksa untuk melakukan pembelian dalam jumlah yang besar, dengan demikian pembeli akan melakukan jumlah pemesanan yang optimal. Hal ini menyebabkan pembeli tidak perlu melakukan persediaan dalam jumlah yang banyak dan jangka waktu yang panjang. Skema pembayaran progresif tidak berlaku pada kolaborasi antara pemasok dan pembeli,

karena pemasok akan menekan pembeli untuk melakukan pembelian dalam jumlah besar dan pembeli akan memiliki biaya total yang lebih besar sehingga tercipta kondisi penundaan pembayaran tunggal.

Daftar Pustaka

1. Gen, Mitsuo, Runwei Cheng dan Lin Lin. *Network Models and Optimization: Multiobjective Genetic Algorithm Approach*. London: Springer-Verlag, 2008
2. Goyal, Suresh Kumar, Jinn Tsair Teng, dan Chun Tao Chang. "Optimal Ordering Policies When The Supplier Provides a Progressive Interest Scheme." *European Journal of Operational Research* 179 (2007): 404-413.
3. Hill, Arthur V. *The Encyclopedia Of Operations Management*. New Jersey: Pearson Education, Inc., 2012.
4. Rau, Hsin, Mei-Ying Wu, Hui-Ming Wee. "Integrated Inventory Model for Deteriorating Items Under a Multi-echelon Supply Chain Environment." *Int. J. Production Economics* 86 (2003): 155–168
5. Kumar, S. Anil dan N. Suresh. *Production And Operations Management*. New Delhi: New Age International, 2008.
6. Shah, Nita H. dan Hardik Soni. "Joint Pricing and Replenishment Policy for Stock Dependent Demand under Progressive Payment Scheme." *European Journal of Operational Research* 184 (2008): 91-100
7. Shah, Nita H., Gede Agus Widyadana, Bhavin J. Shah, dan Hui-Ming Wee. "Optimal Coordinated Supply Chain Strategy with Price and Time Sensitive Demand." *International Journal Business Performance and Supply Chain Modelling*, Vol 3, No. 3, 2011 (2011).
8. Siek, Daniel S. *Stackleberg Pada Skema Pembayaran Progresif Pemasok – Pembeli*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Surabaya, 2012.
9. Sivanandam. S.N. dan S.N. Deepa. *Introduction to Genetics Algorithm*. Berlin: Springer-Verlag. 2008.