

**OPTIMASI MODEL KOORDINASI DUA LEVEL *SUPPLY*
CHAIN PADA PROSES DISTRIBUSI BARANG
(Studi Kasus di UD. NN Malang)**

SKRIPSI

oleh :

IFTITAAHUL MUFARRIAH

0810940072-94



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**OPTIMASI MODEL KOORDINASI DUA LEVEL SUPPLY
CHAIN PADA PROSES DISTRIBUSI BARANG
(Studi Kasus di UD. NN Malang)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Matematika

oleh :

IFTITAAHUL MUFARRIAH

0810940072-94



**PROGRAM STUDI MATEMATIKA
JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMASI MODEL KOORDINASI DUA LEVEL *SUPPLY*
CHAIN PADA PROSES DISTRIBUSI BARANG
(Studi Kasus di UD. NN Malang)**

oleh:

**IFTITAAHUL MUFARRIAH
0810940072-94**

**Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 31 Januari 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Matematika**

Pembimbing

**Drs. Imam Nurhadi P., MT
NIP. 196203141989031001**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

**Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc
NIP. 196709071992031001**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Iftitaahul Murarrihah
NIM : 0810940072-94
Jurusan : Matematika
Penulis Skripsi berjudul : Optimasi Model Koordinasi
Dua Level *Supply Chain* Pada
Proses Distribusi Barang (Studi
Kasus di UD. NN Malang)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini hanya sebagai referensi.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 31 Januari 2013
Yang menyatakan,

(Iftitaahul Mufarrihah)
NIM. 0810940072-94

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



OPTIMASI MODEL KOORDINASI DUA LEVEL *SUPPLY CHAIN* PADA PROSES DISTRIBUSI BARANG
(Studi Kasus di UD. NN Malang)

ABSTRAK

Datangnya era pasar bebas tidak dapat disangkal bahwa kompetisi antar perusahaan semakin ketat. Oleh karena itu agar dapat bertahan dan memenangkan persaingan bisnis tersebut, salah satu cara yang digunakan adalah dengan menerapkan *supply chain management*. Dalam skripsi ini akan dibahas mengenai koordinasi pada dua tingkat *supply chain* yang bertujuan untuk mengoptimalkan biaya tiap anggota (perusahaan dan distributor) dan total biaya *supply chain*. Dua tingkat *supply chain* pada skripsi ini dibatasi pada rantai pasok dengan pamanufaktur tunggal yang menyuplai produk tunggal kepada distributor tunggal. Skripsi ini berfokus pada perumusan model matematis dan pengoptimalan dari dua tingkat *supply chain* pada proses distribusi barang untuk total biaya minimum dengan dan tanpa koordinasi. Selain itu, digunakan juga perhitungan numerik dengan menggunakan data hasil *survey* lapangan untuk mengetahui manfaat penggunaan model yang telah dibuat.

Kata kunci : koordinasi, dua tingkat *supply chain*, proses distribusi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



OPTIMIZATION MODEL WITH TWO LEVEL COORDINATION
SUPPLY CHAIN IN DISTRIBUTION PROCESS
(Case Study in UD. NN Malang)

ABSTRACT

In today's free market it can't be denied that competition between manufacture become more stick . One of the solution to exceed it is by using supply chain management. In this paper will attemp about coordination in two level supply chain in order to optimize the cost at each member (manufacture and wholesaler) and total cost of supply chain. A two level supply chain with single manufacture supplying single product to a single retailer is considered in this paper. This work focused in modeling and optimization in two level supply chain in distribution process for optimal total cost with and without coordination. There's also using numerical ilustration which data that use is from survey to know the effectivity of the model.

Keywords : coordination, two level supply chain, distribution process.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Optimasi Model Koordinasi Dua Level Supply Chain Pada Proses Distribusi Barang (Studi Kasus di UD. NN Malang)”** ini sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada teladan kita Rasulullah Muhammad SAW, seluruh keluarga, para sahabat dan pengikutnya yang setia sampai hari kiamat.

Skripsi ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Matematika, Jurusan Matematika, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya.

Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik atas dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan rasa hormat dan ungkapan terima kasih yang tulus kepada:

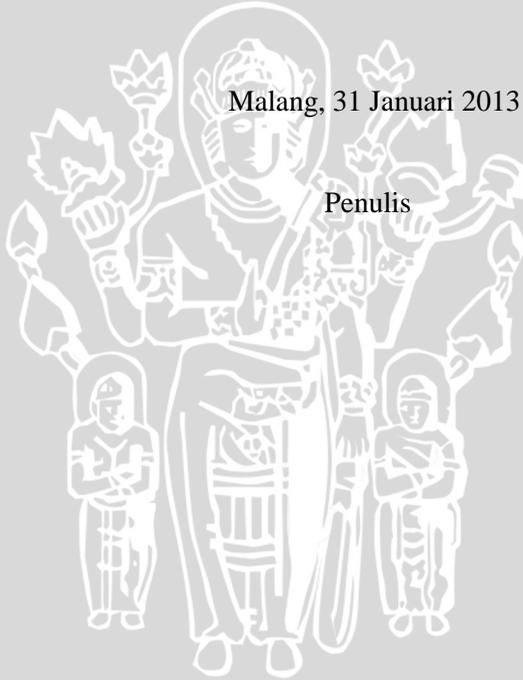
1. Bapak Drs. Imam Nurhadi P., MT., selaku dosen pembimbing atas kesabaran, bimbingan, nasihat, dan arahan yang telah diberikan kepada penulis selama penyusunan Skripsi ini.
2. Ibu Dra. Endang Wahyu H., M.Si., selaku Koordinator KBI Matematika Industri dan Keuangan sekaligus dosen penguji yang telah memberi semangat dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Dr. Sobri Abusini, M.T., selaku Ketua Program Studi Matematika sekaligus dosen penguji yang sudah memberikan dukungan, saran dan semangat kepada penulis.
4. Bapak Drs. Bambang Sugandi, M.Si., selaku dosen penasihat akademik yang sudah memberikan banyak nasihat, dukungan, dan saran selama penulis menempuh studi dan proses penulisan Skripsi ini.
5. Bapak Dr. Abdul Rouf Alghofari, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Matematika yang telah banyak memberi dukungan terhadap penulis.
6. Mr. Syam Sundar Kota dari *Gudlavalleru Engginering College*, India yang telah memberikan rujukan referensi kepada penulis.
7. Segenap dosen Jurusan Matematika FMIPA UB atas transfer ilmu yang diberikan dan staf Tata Usaha Jurusan Matematika atas segala bantuannya selama penulis menempuh studi.

8. Ayahanda yang penulis banggakan dan Ibundaku tercinta serta adikku yang telah banyak memberikan dukungan, do'a dan pengorbanan baik secara moril maupun materil sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, mengingat keterbatasan kemampuan dari penulis. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak guna penyempurnaan selanjutnya. Akhirnya penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya.

Malang, 31 Januari 2013

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR NOTASI	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Analisis Persediaan	3
2.2 Jenis Persediaan	3
2.3 Tingkat Persediaan	4
2.4 Biaya Persediaan	4
2.5 Sifat Permintaan	5
2.6 Model Persediaan	6
2.7 <i>Just in Time Inventory</i>	9
2.8 <i>Supply Chain Management</i>	10
2.9 Manajemen <i>Supply Chain</i> ..	12
BAB III METODOLOGI	15
3.1 Sumber Data	15
3.2 Analisis Data	15
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 Rancangan Penelitian	17

BAB IV PEMBAHASAN	21
4.1 Perumusan Model	21
4.1.1 Asumsi	21
4.1.2 Total Biaya pada Distributor	21
4.1.3 Total Biaya pada Perusahaan	22
4.1.4 Total Biaya pada <i>Supply Chain</i>	22
4.1.5 Rasio persediaan	26
4.2 Perhitungan Numerik	27
4.3 Analisis Perbandingan dan Analisis Sensitivitas	31
4.3.1 Variasi nilai optimal pada variabel keputusan dan fungsi objektif terhadap n	32
4.3.2 Perbandingan antara q_M (<i>optimal</i>) dan q_R pada model dua tingkat <i>supply chain</i> yang terkoordinasi dan tidak terkoordinasi	33
4.3.3 Perbandingan antara TC, TC_R, TC_M dengan koordinasi dan tanpa koordinasi	33
4.3.4 Analisis sensitivitas	34
KESIMPULAN	45
DAFTAR PUSTAKA	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Siklus <i>Model Basic Economic Order Quantity</i>	6
Gambar 2.2 Simplifikasi Model <i>Supply Chain</i> dengan Tiga Macam Aliran yang Dikelola	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Aplikasi Optimasi Model Koordinasi Dua Tingkat <i>Supply Chain</i> pada Proses Distribusi untuk Mencari Total <i>Supply Chain</i> dan Kuantitas Pemesanan Optimal	19
Gambar 4.1 Grafik variasi q_R dan q_M terhadap n	32
Gambar 4.2 Grafik perbandingan antara q_R dan q_M dengan dan tanpa koordinasi	33
Gambar 4.3 Grafik perbandingan antara TC_M, TC_R, TC dengan dan tanpa koordinasi	34
Gambar 4.4 Grafik analisis sensitivitas C_1 terhadap perubahan nilai TC_R, TC_M dan TC	35
Gambar 4.5 Grafik analisis sensitivitas C_1 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M	36
Gambar 4.6 Grafik analisis sensitivitas C_2 terhadap perubahan nilai TC_R, TC_M dan TC	37
Gambar 4.7 Grafik analisis sensitivitas C_2 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M	38
Gambar 4.8 Grafik analisis sensitivitas C_3 terhadap perubahan nilai TC_R, TC_M dan TC	39
Gambar 4.9 Grafik analisis sensitivitas C_3 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M	40
Gambar 4.10 Grafik analisis sensitivitas S_R terhadap perubahan nilai TC_R, TC_M dan TC	41
Gambar 4.11 Grafik analisis sensitivitas S_R terhadap perubahan nilai q_R dan q_M	42
Gambar 4.12 Grafik analisis sensitivitas S_M terhadap perubahan nilai TC_R, TC_M dan TC	43
Gambar 4.13 Grafik analisis sensitivitas S_M terhadap perubahan nilai q_R dan q_M	44

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Perhitungan dengan menggunakan <i>software</i> Visual Basic	49
Lampiran 2 Listing program dengan menggunakan <i>software</i> Visual Basic	50
Lampiran 3 Analisis sensitivitas pada variabel C_1 untuk melihat perubahan pada nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M	56
Lampiran 4 Analisis sensitivitas pada variabel C_2 untuk melihat perubahan pada nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M	60
Lampiran 5 Analisis sensitivitas pada variabel C_3 untuk melihat perubahan pada nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M	64
Lampiran 6 Analisis sensitivitas pada variabel S_R untuk melihat perubahan pada nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M	68
Lampiran 7 Analisis sensitivitas pada variabel S_M untuk melihat perubahan pada nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M	72
Lampiran 8 Listing program analisis sensitivitas dengan menggunakan Matlab	76

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 4.1 Variasi nilai optimal dari variabel keputusan dan fungsi objektif terhadap n	32
Tabel 4.2 Analisis sensitivitas pada variabel C_1 sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%	35
Tabel 4.3 Analisis sensitivitas pada variabel C_2 sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%	37
Tabel 4.4 Analisis sensitivitas pada variabel C_3 sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%	39
Tabel 4.5 Analisis sensitivitas pada variabel S_R sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%	41
Tabel 4.6 Analisis sensitivitas pada variabel S_M sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%	43

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR NOTASI

D	<i>Demand</i> (permintaan)
a	Biaya produksi
b	Biaya penyimpanan
C_3	Harga jual distributor
TC_R	Total biaya pada distributor
q_R	Kuantitas pemesanan distributor
S_R	Biaya pemesanan oleh distributor (Rp / order)
C_2	Harga pembelian oleh distributor (Rp / kotak)
i	Bunga / <i>interest rate</i> (%)
TC_M	Total biaya pada perusahaan
q_M	Kuantitas pemesanan perusahaan
S_M	Biaya pemesanan oleh perusahaan (Rp / order)
C_1	Biaya pengolahan oleh perusahaan (Rp / kotak)
TC	Total biaya <i>supply chain</i>
n	Rasio antara kuantitas pemesanan perusahaan dan kuantitas pemesanan distributor (bilangan bulat positif) atau disebut juga rasio persediaan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Datangnya era pasar bebas tidak dapat disangkal menyebabkan adanya persaingan bisnis di segala bidang usaha. Oleh karena itu agar dapat bertahan dan memenangkan persaingan bisnis tersebut, salah satu cara yang digunakan adalah dengan menerapkan *supply chain management*. Menurut Simchi-Levi et al (2000) *supply chain management* merupakan pendekatan untuk pengelolaan *inventory* dan distribusi secara terintegrasi antara pemasok, produsen, distributor, dan pengecer untuk meminimasi biaya sistem secara keseluruhan. Dengan *supply chain management* yang baik, proses pemenuhan kebutuhan pelanggan bisa menjadi lebih efektif dan efisien bagi perusahaan. Inti utama dari *supply chain management* adalah proses distribusi. Distribusi adalah proses untuk memindahkan dan menyimpan barang mulai dari tingkat pemasok sampai ke tingkat pelanggan dalam *supply chain*.

Sebagian besar dari penelitian yang telah dilakukan diarahkan pada permasalahan distribusi satu tingkat. Sedangkan pada *supply chain* banyak tingkat belum terlalu banyak diteliti. Permasalahan distribusi banyak tingkat merupakan permasalahan umum dalam konteks jaringan *supply chain* dengan tujuan meminimumkan biaya total distribusi.

Berdasarkan masalah yang ada diatas maka akan ditulis skripsi dengan judul “ Optimasi Model Koordinasi Dua Tingkat *Supply Chain* Pada Proses Distribusi Barang” dengan melakukan studi kasus di UD. NN Malang.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana menghitung banyaknya pemesanan yang optimal untuk meminimalkan total biaya *supply chain*?

2. Bagaimana perhitungan numerik, perbandingan biaya total *supply chain* dan kuantitas pemesanan optimal dengan dan tanpa koordinasi, dan analisis sensitivitasnya?

1.3 Batasan masalah

Batasan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah jumlah tingkatan dalam permasalahan yang dibahas adalah dua, yaitu dimulai dari pemanufaktur ke distributor, kemudian dari distributor ke pelanggan.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Menghitung banyaknya pemesanan yang optimal untuk meminimalkan biaya total *supply chain*.
2. Menghitung secara numerik, membandingkan biaya total *supply chain* dan kuantitas pemesanan optimal dengan dan tanpa koordinasi serta melakukan analisis sensitivitas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisis Persediaan

Persediaan (*inventory*) adalah sumberdaya yang disimpan untuk memenuhi permintaan saat ini dan mendatang. Menurut suatu penelitian, persediaan merupakan bagian yang besar (sekitar 40 persen) dari modal yang ditanamkan dan biaya persediaan (termasuk diantaranya asuransi, penyusutan, bunga, sewa) dapat mencapai 30 persen dari nilai persediaan. Karena itu banyak perusahaan sangat peduli terhadap perencanaan dan pengendalian persediaan untuk memperoleh penghematan yang berarti (Mulyono, 2004).

Alasan utama pengadaan persediaan bagi perusahaan antara lain.

1. Berjaga- jaga.
2. Pemisahan operasi.
3. Pemantapan produksi.
4. Penghematan biaya penanganan persediaan.
5. Penghematan biaya pengadaan bahan-bahan.

2.2 Jenis Persediaan

Setiap jenis persediaan memiliki karakteristik dan cara pengolahan yang berbeda. Berdasarkan jenis barang dalam persediaan, persediaan terdiri dari beberapa jenis, yaitu:

1. Persediaan bahan mentah (*raw material*), yaitu persediaan barang-barang yang digunakan dalam proses produksi.
2. Persediaan komponen-komponen rakitan (*purchased parts/components*), yaitu persediaan barang-barang yang terdiri dari komponen-komponen yang diperoleh dari perusahaan lain yang secara langsung dapat dirakit menjadi suatu hasil produksi.
3. Persediaan bahan pembantu atau penolong (*supplies*), yaitu persediaan barang – barang yang diperlukan dalam proses produksi, tetapi bukan merupakan bagian dari barang jadi.
4. Persediaan barang dalam proses (*work in process*), yaitu persediaan barang – barang yang terdapat di tiap-tiap bagian dalam proses produksi atau yang telah diolah menjadi suatu bentuk, tetapi perlu diproses lebih lanjut menjadi barang jadi.

5. Persediaan barang jadi (*finished goods*), yaitu persediaan barang-barang yang telah selesai diproses dan siap dijual kepada konsumen.
(Pardede,2005)

2.3 Tingkat Persediaan (*Inventory Level*)

Ada tiga pengertian untuk tingkat persediaan, yaitu:

1. *Onhand inventory* adalah persediaan yang ada di gudang.
2. *Inventory position* (posisi persediaan) adalah jumlah dari persediaan di tangan dan persediaan yang sedang dipesan
3. *Net inventory* (persediaan bersih) adalah *onhand inventory* dikurangi permintaan selama *lead time*

2.4 Biaya Persediaan

Biaya yang terkait dengan persediaan menurut Pardede (2005) dapat dikelompokkan atas:

1. *Cost of item* (biaya pengadaan)

Biaya pengadaan adalah biaya yang harus dikeluarkan supaya bahan-bahan yang bersangkutan tersedia untuk digunakan.

2. *Ordering cost* (biaya pemesanan)

Ordering cost adalah biaya yang berhubungan dengan penambahan persediaan yang dimiliki. Biaya ini biasanya dinyatakan dalam rupiah per pesanan dan tidak terkait dengan volume pesanan. Jadi, *ordering cost* berhubungan positif dengan frekuensi persediaan.

Ordering cost biasanya berhubungan terbalik dengan *carrying cost*. Jika volume pesanan bertambah, frekuensi pesanan berkurang sehingga mengurangi *ordering cost*. Sementara itu, bertambahnya volume pesanan menyebabkan bertambahnya persediaan maupun *carrying cost*. Ringkasnya, jika volume pesanan bertambah, *ordering cost* berkurang tapi *carrying cost* bertambah (Mulyono, 2004).

3. *Holding / carrying cost* (biaya penahanan)

Holding cost adalah biaya yang digunakan untuk mengelola sediaan bahan-bahan sejak bahan-bahan itu diterima hingga diserahkan ke bagian pengolahan. *Carrying cost* dapat dinyatakan dalam dua cara. Pertama, yang paling sering adalah menyatakannya dalam rupiah per unit persediaan per periode waktu. Kedua,

dinyatakan sebagai persentase tertentu dari nilai persediaan, biasanya antara 10-40 persen.

Biaya penahanan pada umumnya terdiri dari.

- a. Biaya penyimpanan (*storage cost*).
 - b. Biaya pemindahan (*handling cost*).
 - c. Biaya penyusutan (*depreciation cost*).
 - d. Biaya pertanggungan (*insurance cost*).
 - e. Biaya pajak (*taxes*).
 - f. Biaya keamanan (*security cost*).
4. *Emergency cost* (biaya darurat)
Emergency cost adalah biaya tambahan yang timbul apabila sediaan sudah habis tetapi masih ada permintaan yang belum dipenuhi.
5. *Opportunity cost* (biaya modal)
Biaya modal adalah biaya yang hilang karena tidak menggunakan modal untuk penanaman modal (*investment*) yang lebih baik berikutnya, melainkan menggunakan untuk pengadaan sediaan.
6. *Customer service failure cost* (biaya kegagalan pelayanan)
Biaya kegagalan pelayanan adalah biaya yang hilang karena perusahaan tidak dapat memenuhi waktu penyerahan yang dijanjikan. Kegagalan pelayanan pemakai akhir timbul karena.
- a. Kehabisan sediaan (*stockout*).
 - b. Penundaan penyerahan (*backorders*).
7. *Human resources deployment failure cost* (biaya kegagalan pendayagunaan sumberdaya)
Biaya ini timbul karena peluang yang hilang karena perusahaan tidak mendayagunakan sumberdaya secara penuh karena kekurangan bahan-bahan.

2.5 Sifat Permintaan

Persediaan diadakan untuk memenuhi permintaan yang diramalkan. Permintaan dapat dibedakan menjadi *dependent* dan *independent*. Permintaan *dependent* (terikat) adalah permintaan terhadap satu jenis bahan atau barang yang dipengaruhi oleh atau bergantung pada permintaan terhadap bahan atau barang lain.

Permintaan *independent* (bebas) adalah permintaan terhadap suatu bahan yang sama sekali tidak dipengaruhi oleh atau tidak ada

hubungannya dengan permintaan terhadap bahan atau barang lain (Pardede,2005).

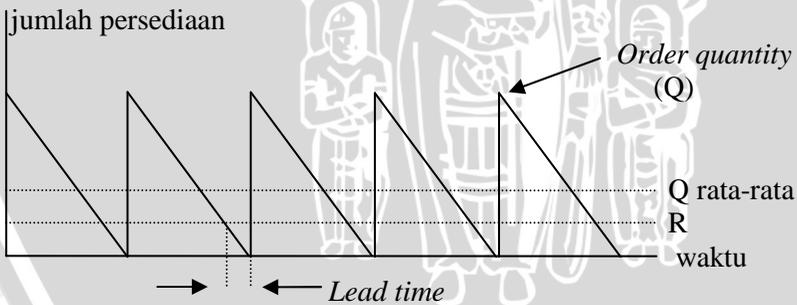
Selain itu, permintaan mendatang dapat diketahui secara pasti dan tidak pasti atau mengikuti distribusi probabilitas tertentu (Mulyono, 2004).

2.6 Model Persediaan

Melalui model persediaan penyederhanaan masalah dalam realitas yang rumit dapat dijawab dengan dua hal penting, yaitu berapa banyak yang harus dipesan dan kapan (berapa kali) memesan sehingga biaya persediaan dapat diminimumkan.

Basic Economic Order Quantity Model adalah model yang tertua dan paling sederhana. Model ini pertama kali diperkenalkan oleh Ford W. Harris pada 1915. Menurut Pardede (2005), model ini diturunkan dengan menggunakan beberapa asumsi, yaitu:

- a. Permintaan diketahui secara pasti dan konstan.
 - b. Tidak ada *shortage*.
 - c. *Lead time* (waktu antara penempatan pesanan dan penerimaannya) diketahui dan konstan.
 - d. Sekali pesan sekali terima
 - e. Tidak ada potongan harga karena membeli banyak.
- (Mulyono,2004)



Gambar 2.1 siklus *Model Basic Economic Order Quantity*

Gambar 2.1 menjelaskan siklus pengendalian persediaan yang sesuai dengan asumsi. Suatu volume pesanan (Q) diterima dan digunakan pada tingkat yang konstan. Jika persediaan berkurang sampai *reorder point* (R) pesanan berikutnya segera ditempatkan.

Jadi, tidak perlu menunggu persediaan habis, karena penyerahan barang membutuhkan waktu (*lead time*). Setiap pesanan diterima seluruhnya sekali pada saat persediaan habis, sehingga tidak ada *stockout*. Siklus ini berulang dengan volume pesanan, *lead time*, dan *reorder point* yang sama.

Dalam model ini diasumsikan bahwa permintaan adalah konstan dan masa tunggu adalah 0, yang berarti bahwa bahan-bahan diterima segera setelah pesanan diajukan. Ini berarti bahwa pemesanan akan dilakukan segera setelah persediaan habis. Dengan demikian maka titik pemesanan kembali (*reorder point*) adalah 0 (pemesanan dilakukan pada saat tingkat persediaan adalah 0), dan persediaan terendah adalah 0. Karena pemesanan dilakukan pada saat persediaan sama dengan 0, maka jumlah persediaan tertinggi adalah sama dengan jumlah pesanan terhemat. Sehingga rata-rata persediaan dapat ditulis,

$$\text{rata - rata persediaan} = \frac{Q}{2} \quad (2.1)$$

Dalam model Basic EOQ harga pembelian atau pengadaan bahan tidak berubah mengikuti perubahan jumlah yang dipesan. Sehingga biaya persediaan keseluruhan dapat ditulis sebagai jumlahan dari total biaya pemesanan perusahaan dan total biaya penahanan / penyimpanan perusahaan.

total biaya pemesanan = frekuensi pesanan \times biaya pesanan

$$\text{total biaya pemesanan} = \frac{D}{Q} \times S \quad (2.2)$$

Dimana : D = jumlah kebutuhan barang (unit / tahun)

Q = jumlah pemesanan (unit / pesanan)

S = biaya pesanan (rupiah / pesanan)

total biaya penyimpanan = persediaan rata - rata \times biaya penyimpanan

$$\text{total biaya penyimpanan} = \frac{Q}{2} \times H \quad (2.3)$$

Dengan nilai $H = h \times C$.

Dimana: h = biaya penyimpanan (% terhadap nilai barang)

C = harga barang (rupiah / unit)

H = biaya penyimpanan (rupiah / unit / tahun)

Biaya total diperoleh dengan menjumlahkan persamaan (2.2) dan (2.3), sehingga diperoleh persamaan :

$$\text{biaya total}(TC) = \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{Q}{2} \times H\right) \quad (2.4)$$

Jumlah pemesanan yang memberikan biaya total persediaan terendah dapat diperoleh dengan menurunkan persamaan (2.4) terhadap Q dan disamadengankan nol.

$$\begin{aligned} TC &= \left(\frac{D}{Q} \times S\right) + \left(\frac{Q}{2} \times H\right) \\ \frac{d(TC)}{dQ} &= 0 \\ -DSQ^{-2} + \frac{H}{2} &= 0 \\ -\frac{DS}{Q^2} + \frac{H}{2} &= 0 \\ \frac{DS}{Q^2} &= \frac{H}{2} \\ 2DS &= HQ^2 \\ Q^2 &= \frac{2DS}{H} \\ Q^* &= \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (2.5) \end{aligned}$$

Untuk megecek apakah benar bahwa Q^* adalah jumlah pemesanan optimal dapat dilihat dengan menghitung turunan kedua dari TC yang harus lebih besar dari nol.

$$\begin{aligned} \frac{d(TC)^2}{dQ^2} &> 0 \\ DSQ^{-3} &> 0 \\ \frac{DS}{Q^3} &> 0 \end{aligned}$$

Karena nilai D , S dan Q pada model EOQ selalu positif maka turunan kedua akan selalu lebih besar dari nol, sehingga Q^*

adalah jumlah pemesanan optimal yang memberikan total persediaan terendah.

2.7 *Just-in Time Inventory*

Just-in-time merupakan filosofi pemanufakturan maju yang dalam proses produksinya ditarik ke dalam tindakan agar menghasilkan *output* yang sesuai dengan jenis, jumlah, waktu, dan spesifikasi yang diinginkan pelanggan, sehingga biaya operasional dapat dieliminasi seminimal mungkin dan menuju persediaan mendekati nol (*zero inventory*), karena *just-in-time* menganggap bahwa persediaan merupakan sumber pemborosan.

Tujuan utama *just-in-time* adalah menghilangkan pemborosan melalui perbaikan terus menerus (*continuous improvement*). Manfaat *just-in-time* meliputi berkurangnya persediaan yang harus dikendalikan, memperkecil jumlah produk yang cacat, penghematan tenaga kerja, penghematan bahan baku, dapat segera mengetahui kesalahan pekerja, kepekaan pekerja meningkat, laju keluaran lancar, jumlah persediaan dan pekerja lebih kecil.

Komponen *just-in-time* yang perlu diperhatikan adalah *flow*, *employee involvement*, dan kualitas. Kondisi-kondisi yang mendukung penerapan *just-in-time* antara lain, manajemen biaya total efektif, terselenggaranya teknologi informasi yang baik, sumberdaya manusia yang handal, hubungan perusahaan dengan pihak luar, lingkungan produksi yang terpusat, fleksibilitas produksi dan pemasok, *mass production*.

Elemen-elemen kunci *just-in-time* di antaranya: jumlah pemasok yang terbatas, memperbaiki tata letak ruang, pengurangan waktu *setup*, cacat nol dan *just-in-time*, serta pekerja yang fleksibel. Keunggulannya dari metode ini adalah dapat mengurangi biaya tenaga kerja, persediaan, resiko kerusakan, dan peningkatan kualitas produk. Kelemahannya adalah sulit mencari pemasok, biaya pengiriman tinggi, kesulitan menghadapi perubahan permintaan, tuntutan sumberdaya manusia yang multifungsi, perlengkapan teknologi yang membutuhkan biaya besar (Surya,2012).

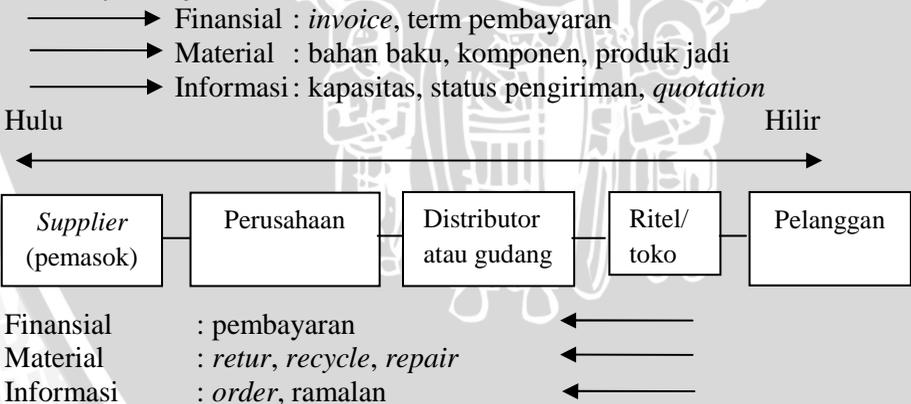
Perbedaan yang paling utama antara filosofi *just-in-time* dengan sistem pengendalian tradisional dapat dilihat dari kegiatan produksinya. *Just-in-time* merupakan *pull system*, sedangkan sistem tradisional merupakan *push system*. *Pull system* atau sistem tarik dapat didefinisikan sebagai suatu sistem pengendalian tidak terpusat.

Jumlah produksi tiap tahap proses ditentukan oleh jumlah nyata yang dipakai pada tahap proses selanjutnya. Sedangkan *push system* atau sistem tekan adalah sistem pengendalian yang terpusat. Pusat kontrol akan membuat jadwal produksi pada tiap tahap proses dan didasarkan atas perkiraan permintaan, informasi jumlah produk jadi dan jumlah barang setengah jadi, serta realisasi produksi tiap tahapan produksi (Kusuma,1999).

2.8 Supply Chain Management

Supply chain adalah jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pemakai akhir. Perusahaan-perusahaan tersebut biasanya termasuk *supplier*, pabrik, distributor, toko atau ritel serta perusahaan-perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik.

Pada *supply chain* biasanya ada 3 macam aliran yang harus dikelola. Pertama adalah aliran material yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*). Contohnya adalah bahan baku yang dikirim dari *supplier* ke pabrik. Setelah produk selesai diproduksi, mereka dikirim ke distributor, lalu ke pengecer atau ritel, kemudian ke pemakai akhir. Yang ke dua adalah aliran finansial yang mengalir dari hulu ke hilir, begitu pula sebaliknya. Yang ke tiga adalah aliran informasi yang bisa terjadi dari hulu ke hilir maupun sebaliknya (Pujawan, 2005).



Gambar 2.2 Simplifikasi Model *Supply Chain* dan Tiga Macam Aliran yang Dikelola

Sehingga dapat dijelaskan bahwa *supply chain management* adalah serangkaian pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan *supplier*, perusahaan, gudang dan toko sehingga barang-barang dapat diproduksi dan di distribusikan dengan jumlah yang tepat, ke lokasi yang tepat, dan waktu yang tepat juga dengan maksud meminimalkan keseluruhan sistem. Jadi, *supply chain management* tidak hanya berorientasi pada urusan internal sebuah perusahaan, melainkan juga urusan eksternal yang menyangkut hubungan dengan perusahaan-perusahaan *partner*.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.2 *supply chain* terdiri atas beberapa elemen (pelaku utama) yang merupakan perusahaan-perusahaan yang mempunyai kepentingan yang sama, yaitu

1. *supplier* (pemasok)
2. *manufacture* (perusahaan)
3. *distribution / wholesaler* (distributor)
4. *retail* (toko)
5. pelanggan

Rantai 1 : *supplier* (pemasok)

Jaringan bermula disini, merupakan sumber yang menyediakan bahan pertama, dimana rantai penyaluran barang akan dimulai. Bahan pertama ini dapat berupa bahan baku, bahan penolong, suku cadang , dan sebagainya.

Rantai 1-2 : *supplier* (pemasok) \Rightarrow *manufacture* (perusahaan)

Rantai pertama dihubungkan dengan rantai ke dua yaitu *manufacture* (perusahaan), dapat pula disebut sebagai tingkat pertama. Dalam hal ini bahan baku yang diperoleh dari pemasok akan melalui proses produksi agar menjadi barang jadi. Hubungan dengan rantai pertama sudah mempunyai potensi untuk melakukan penghematan.

Rantai 1-2-3 : *supplier* \Rightarrow *manufacture* \Rightarrow distributor

Hubungan antara rantai ke dua dan ke tiga dapat disebut sebagai tingkat yang ke dua. Dalam hal ini barang yang sudah jadi yang dihasilkan oleh perusahaan sudah mulai harus disalurkan kepada pelanggan. Proses penyaluran barang melalui distributor adalah yang paling umum digunakan dalam sebagian besar *supply chain*.

Rantai 1-2-3-4 : *supplier* ⇔ *manufacture* ⇔ distributor ⇔ *retail*

Hubungan rantai ke tiga dan ke empat dapat disebut sebagai tingkat yang ke tiga. Pedagang besar biasanya mempunyai fasilitas gudang sendiri atau dapat menyewa dari pihak lain. Gudang ini digunakan untuk menimbun barang sebelum disalurkan lagi ke pengecer.

Rantai 1-2-3-4-5 : *supplier* ⇔ *manufacture* ⇔ distributor ⇔ *retail*
⇔ pelanggan

Hubungan rantai ke empat dan ke lima dapat disebut sebagai tingkat ke empat. Pada rantai ini *retail* atau pengecer akan menawarkan barangnya langsung kepada para pelanggan. Sehingga dapat dikatakan pada proses ini merupakan rantai akhir dari *supply chain*.

2.9 Manajemen dalam *supply chain*

Manajemen dalam *supply chain* dibedakan menjadi dua, yaitu terkoordinasi dan tidak terkoordinasi. Manajemen terkoordinasi pada *supply chain* dapat diartikan sebagai pengintegrasian atau penyatuan tujuan dan kegiatan untuk menciptakan kepuasan pelanggan di titik akhir sebagai tujuannya. Konsekuensi yang harus dilakukan jika menggunakan koordinasi adalah menurunkan biaya (biaya total yang dikeluarkan adalah minimum) dan lebih memfokuskan pada nilai tambah hasil produksi. Hal ini dikarenakan pada manajemen dengan koordinasi terdapat kebijakan penentuan harga sehingga masing-masing anggota *supply chain* tidak dapat menentukan harga sembarangan.

Sedangkan manajemen tanpa koordinasi dapat diartikan sebagai tidak adanya pengintegrasian atau penyatuan tujuan dan kegiatan di dalam anggota-anggota *supply chain*. Sebagai akibatnya biaya total yang dikeluarkan akan lebih besar. Hal ini dikarenakan dalam manajemen tanpa koordinasi tidak terdapat kebijakan penentuan harga, sehingga tiap-tiap anggota *supply chain* dapat mengambil keuntungan sebesar-besarnya (Yulianti, 2009).

Koordinasi antar perusahaan dibutuhkan karena perusahaan-perusahaan berada pada suatu *supply chain* yang pada intinya ingin memuaskan konsumen akhir yang sama. Mereka harus bekerjasama

untuk membuat produk yang murah, mengirimkannya tepat waktu dan dengan kualitas yang bagus (Pujawan, 2008).

2.10 Analisis Sensitivitas

Solusi optimal atau fungsi tujuan dalam suatu model diperoleh dibawah asumsi kondisi deterministik, artinya data yang dilibatkan dalam formulasi model bersifat pasti, seperti : harga, kapasitas sumber, dan waktu pengerjaan. Namun, dalam dunia nyata kondisi deterministik tersebut tidak bersifat realistik atau lebih bersifat dinamis dan selalu ada kemungkinan untuk berubah. Oleh karena itu, untuk mengantisipasinya dibutuhkan suatu analisis sensitivitas untuk mengetahui kepekaan solusi optimal atau fungsi tujuan terhadap kemungkinan perubahan setiap variabel yang dilibatkan dalam formulasi modelnya.

Analisis sensitivitas adalah suatu cara untuk mengetahui pengaruh pada solusi optimal atau fungsi tujuan yang dihasilkan jika variabel yang ada dirubah nilainya. Manfaat utama dari analisis sensitivitas adalah megidentifikasi variabel yang sensitif (variabel yang mengubah solusi optimal atau fungsi tujuan jika nilainya dirubah) (Imam,2012).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini diperoleh dari studi kasus pada UD. NN Malang. Studi kasus yang dilakukan adalah dengan mengambil contoh permasalahan yang dapat membantu dalam mencapai tujuan dari penulisan skripsi ini.

Data yang diperlukan dalam penulisan skripsi ini antara lain.

1. Biaya pemesanan distributor (S_R)
2. Biaya pemesanan perusahaan (S_M)
3. Biaya pengolahan oleh perusahaan (C_1)
4. Harga beli oleh distributor (C_2)
5. Harga jual distributor (C_3)
6. Bunga (i)
7. Biaya produksi per unit (a)
8. Biaya simpan (b)

3.2 Analisis Data

Setelah data diperoleh, dilakukan analisis dan perhitungan terhadap data tersebut. Untuk mencapai tujuan dalam skripsi ini, ada 3 tahapan yang dilakukan, yaitu:

1. Mengkonstruksi model dua tingkat *supply chain* dengan permintaan bergantung tingkat harga, dengan langkah sebagai berikut.
 - a. Menentukan nilai *demand* (D).
 - b. Menentukan nilai n^* , dan mengambil nilai persekitarannya yaitu n_1 dan n_2 .
 - c. Membandingkan nilai $F(n_1)$ dan $F(n_2)$.
 - d. Menghitung nilai q_R (*optimum*), q_M , TC_R , TC_M , dan TC (*optimum*).
 - e. Membandingkan nilai TC untuk menentukan manakah yang terkoordinasi dan mana yang tidak terkoordinasi.
2. Melakukan analisis untuk membandingkan antara model dua tingkat *supply chain* yang terkoordinasi dan tidak terkoordinasi.

3. Implementasi program untuk optimasi model dua tingkat *supply chain* pada proses distribusi barang menggunakan alat bantu *software* Visual Basic.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu:

1. Penelitian langsung di lapangan atau perusahaan (*field research*)
Tujuan dari penelitian secara langsung ke perusahaan adalah untuk memperoleh data-data yang mendukung proses penelitian dan dapat mengetahui permasalahan yang ada di perusahaan secara langsung. Tahap pengumpulan data dengan penelitian secara langsung ke perusahaan dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

- a. Wawancara

Pengumpulan data dengan cara wawancara dapat dilakukan dengan melakukan komunikasi secara langsung dengan pihak perusahaan mengenai obyek penelitian.

- b. Dokumentasi

Data-data yang diperoleh dari dokumentasi merupakan data sekunder. Hal tersebut dikarenakan data diperoleh dari data-data perusahaan yang nantinya akan digunakan untuk penelitian. Pengumpulan data dengan dokumentasi dilakukan dengan mempelajari data yang berhubungan dengan obyek penelitian yang terdapat di perusahaan.

2. Studi Literatur

Tahapan literatur dapat membantu menyelesaikan permasalahan perusahaan dengan menggunakan teori-teori yang ada.

3. Metode Pengolahan Data

Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah menggunakan metode *supply chain*, metode ini digunakan untuk menentukan pemesanan optimal yang menjadikan biaya total *supply chain* minimum.

- a. *Input* untuk sistem ini adalah biaya pemesanan distributor, biaya pemesanan perusahaan, biaya pengolahanoleh perusahaan, harga beli distributor, bunga, biaya produksi dan biaya simpan.

- b. *Output* yang dihasilkan adalah informasi mengenai berapa banyaknya pemesanan distributor yang optimal agar diperoleh besarnya total biaya *supply chain* yang minimum. Simulasi dengan *software* Visual Basic, akan memudahkan perhitungan biaya total *supply chain*.

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian secara operasional yang dilakukan untuk membuat perencanaan dan pengendalian persediaan secara efektif dan efisien, terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. *Survey* Perusahaan

Survey dilakukan untuk melihat, mengetahui, dan mempelajari kondisi lingkungan *intern* dan *ekstern* perusahaan, dan sumber informasi.

2. Perumusan Masalah

Identifikasi masalah dilakukan dengan mencari penyebab timbulnya masalah lalu mencari pemecahan yang tepat dan memperbaiki kekurangan perusahaan.

3. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan mempelajari ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan permasalahan yang terjadi untuk mencari solusi yang tepat.

4. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan setelah melakukan studi literatur yang berkaitan dengan masalah-masalah dalam perusahaan yang berhasil diidentifikasi.

5. Pengumpulan Data

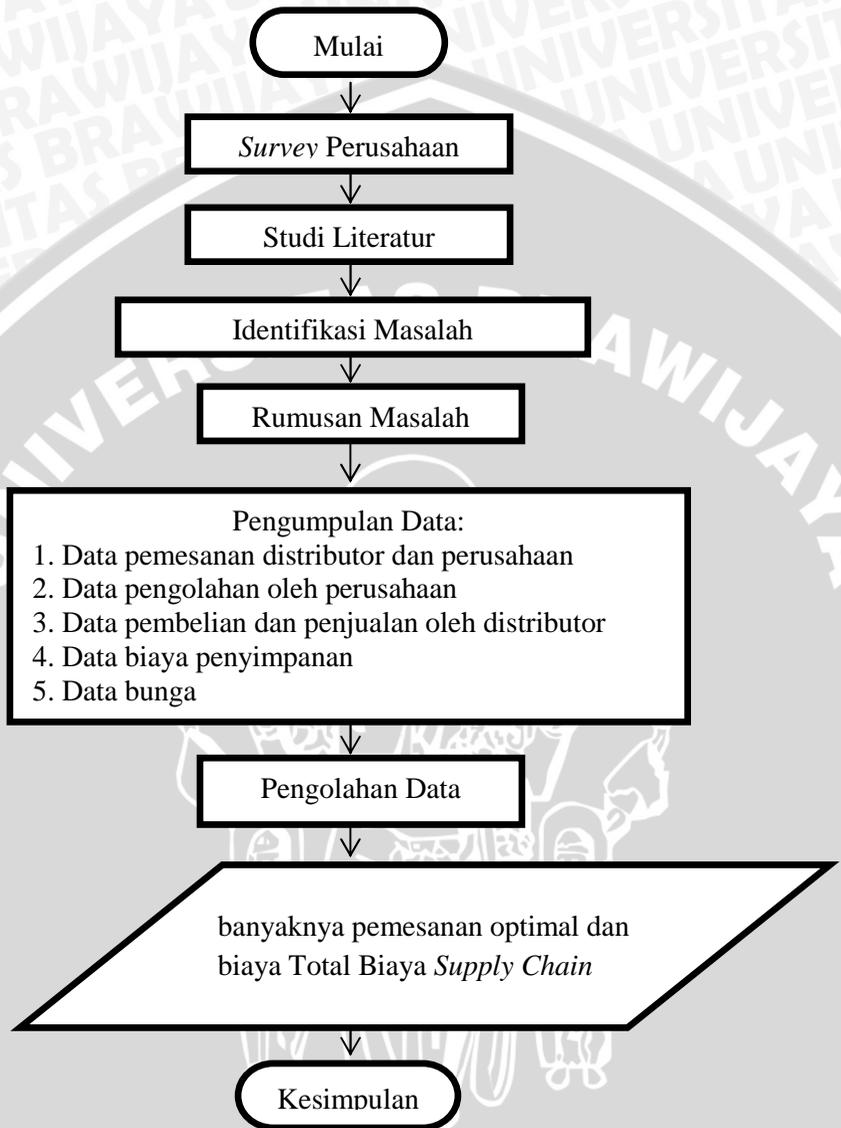
Setelah merumuskan masalah, langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data dan informasi yang diperlukan dari perusahaan untuk dapat mencari solusi dari permasalahan yang ada. Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data yang meliputi:

1. Data biaya pemesanan distributor
2. Data biaya pemesanan perusahaan
3. Data biaya pengolahan oleh perusahaan
4. Data harga beli oleh distributor
5. Data harga jual distributor
6. Data bunga
7. Data biaya produksi per unit

8. Data biaya simpan
6. Pengolahan Data
 - Menentukan jumlah pemesanan ditributor yang maksimal dari barang pada setiap proses pemesanan
7. Membandingkan TC (*Total Cost Supply Chain*) dan kuantitas pemesanan optimal (q_R) dengan dan tanpa koordinasi
8. Mensimulasikan perhitungan menggunakan *software* visual basic
9. Kesimpulan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





(Gambar 3.1 Diagram Alir Aplikasi Optimasi Model Koordinasi Dua Tingkat *Supply Chain* Pada Proses Distribusi Barang untuk Mencari Kuantitas Pemesanan dan Total Biaya *Supply Chain* Optimal)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Perumusan Model

Sebelum melakukan perumusan model, akan diberikan beberapa notasi dan asumsi yang akan digunakan. Notasi-notasi yang digunakan dalam perumusan model dapat dilihat pada tabel daftar notasi.

4.1.1 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam perumusan model adalah sebagai berikut.

1. Perusahaan sebagai produsen adalah tunggal dan menyuplai satu jenis produk kepada satu distributor.
2. Permintaan adalah fungsi dari harga.
3. Persediaan perusahaan adalah kelipatan bilangan bulat dari persediaan distributor.
4. Tidak diijinkan adanya kekurangan (jika ada kekurangan harus segera diisi).

4.1.2 Total Biaya pada Distributor

Total biaya pada distributor terdiri dari biaya pemesanan dan biaya pembelian .

Total biaya distributor (TC_R) dapat dirumuskan seperti berikut.

$$TC_R = \frac{D}{q_R} S_R + \frac{q_R}{2} C_2 i \quad (4.1)$$

Besarnya nilai D (permintaan) dapat dihitung dengan mengurangi besarnya biaya produksi dengan biaya simpan yang dikalikan dengan harga jual dari distributor. Atau dapat ditulis,

$$D = a - (b \times C_3)$$

Dimana a dan b masing-masing bernilai konstan.

4.1.3 Total Biaya pada Perusahaan

Total biaya pada perusahaan terdiri atas biaya pemesanan dan biaya pengolahan.

Total biaya perusahaan (TC_M) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$TC_M = \frac{D}{q_M} S_M + \frac{q_M}{2} C_1 i \quad (4.2)$$

Dengan $q_M = n \cdot q_R$ (4.3)

Kemudian substitusikan persamaan q_M (banyaknya pemesanan perusahaan) kedalam persamaan (4.2), sehingga diperoleh,

$$TC_M = \frac{D}{n \cdot q_R} S_M + \frac{n \cdot q_R}{2} C_1 i \quad (4.4)$$

4.1.4 Total Biaya pada Supply Chain

Total biaya dari *supply chain* berasal dari total biaya distributor ditambah biaya total perusahaan. Sehingga dapat dituliskan sebagai berikut.

$$TC = TC_R + TC_M$$

$$TC = \frac{D}{q_R} S_R + \frac{q_R}{2} C_2 i + \frac{D}{n \cdot q_R} S_M + \frac{n \cdot q_R}{2} C_1 i$$

$$TC = \frac{D}{q_R} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] + \frac{q_R}{2} i [C_2 + nC_1] \quad (4.5)$$

Untuk mencari q_R (banyaknya pemesanan distributor) dapat diperoleh dengan menurunkan TC terhadap q_R dan disamadengankan nol, agar diperoleh besarnya nilai q_R optimal yang dapat meminimumkan nilai total biaya *supply chain*.

$$\frac{d(TC)}{dq_R} = 0$$

$$-\frac{D}{q_R^2} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] + \frac{1}{2} i [C_2 + nC_1] = 0$$

$$\frac{i}{2} [C_2 + nC_1] = \frac{D}{q_R^2} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]$$

$$q_R^2 = \frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i [C_2 + nC_1]}$$

$$q_R = \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i [C_2 + nC_1]}} \quad (4.6)$$

Kemudian dengan mengecek turunan ke dua dari persamaan (4.6) harus lebih besar nol, maka persamaan (4.6) dapat ditulis,

$$\frac{d^2(TC)}{dq_R^2} = \frac{2D}{q_R^3} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] > 0$$

$$q_R(\text{optimum}) = \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i [C_2 + nC_1]}} \quad (4.7)$$

Biaya total minimum dari *supply chain* dapat diperoleh dengan mensubstitusikan persamaan (4.7) ke dalam persamaan (4.5) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} TC &= \frac{D}{q_R} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] + \frac{q_R}{2} i [C_2 + nC_1] \\ &= \frac{D}{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i [C_2 + nC_1]}}} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] \\ &\quad + \frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i [C_2 + nC_1]}}}{2} i [C_2 + nC_1] \end{aligned}$$

$$= \left[\frac{D}{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}} \times \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}} \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] \right]$$

$$+ \left[\frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2} i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$= \left[\frac{D \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]} \times \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] \right]$$

$$+ \left[\frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2} i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$= \left[\frac{D \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]} \times \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$+ \left[\frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2} i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$= \left[\frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2} i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$+ \left[\frac{\sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}}}{2} i[C_2 + nC_1] \right]$$

$$= \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}} i[C_2 + nC_1]$$

$$= \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}} i^2 [C_2 + nC_1]^2$$

$$TC(\text{optimum}) = \sqrt{2Di \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1]} \quad (4.8)$$

4.1.5 Rasio Persediaan

Rasio persediaan pada model dua tingkat *supply chain* dinotasikan sebagai n dan bernilai bulat positif. Besarnya n dapat dihitung dengan rumus $F(n)$ yang kemudian diturunkan terhadap n . Nilai ini dipengaruhi oleh besarnya S_M, S_R, C_3, C_1 .

$$F(n) = \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1] \quad (4.9)$$

$$\frac{dF(n)}{dn} = 0$$

$$\left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] C_1 + [C_2 + nC_1] \left[-\frac{S_M}{n^2} \right] = 0$$

$$\left[\frac{S_M}{n^2} \right] [C_2 + nC_1] = \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] C_1$$

$$\frac{S_M}{n^2} C_2 + \frac{S_M}{n^2} nC_1 = S_R C_1 + \frac{S_M}{n} C_1$$

$$\frac{S_M}{n^2} C_2 = S_R C_1$$

$$n^2 = \frac{S_M C_2}{S_R C_1}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{S_M C_2}{S_R C_1}} \quad (4.10)$$

Besarnya nilai n^* tidak akan berupa bilangan bulat, oleh karena itu diambil persekitaran nilai disekitar n^* . Dimisalkan n_1 dan n_2 .

Jika $F(n_1) \leq F(n_2)$ maka $n = n_1$, dan jika $F(n_1) \geq F(n_2)$ maka $n = n_2$.

Dengan mensubstitusikan nilai n yang optimal, maka banyaknya penambahan optimum (*optimum replenishment quantity*) dan biaya total *supply chain* dapat ditemukan.

4.2 Perhitungan Numerik

Perumusan model yang dilakukan adalah untuk model *supply chain* dengan adanya koordinasi antara anggota-anggota *supply chain*.

Tujuan yang dicapai adalah untuk meminimumkan biaya yang terjadi di *supply chain*. Oleh karena itu perlu dibandingkan antara total biaya *supply chain* jika ada koordinasi antar anggotanya dan tanpa koordinasi.

Biaya-biaya yang akan digunakan dalam perhitungan model diperoleh dari UD. NN Malang. Banyaknya produk yang dijual oleh perusahaan dinyatakan dalam satuan kotak / *pack*. Biaya-biaya tersebut adalah sebagai berikut.

$$\begin{array}{ll} S_R = \text{Rp } 2.500.000 / \text{order} & S_M = \text{Rp } 4.500.000 / \text{order} \\ C_1 = \text{Rp } 15.000 / \text{kotak} & i = 0,15 \text{ (15\%)} \\ C_2 = \text{Rp } 20.000 / \text{kotak} & a = \text{Rp } 300.000 \\ C_3 = \text{Rp } 25.000 / \text{kotak} & b = 0,2 \text{ (20\%)} \end{array}$$

Besarnya rasio persediaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$\begin{aligned} n^* &= \sqrt{\frac{S_M C_2}{S_R C_1}} \\ &= \sqrt{\frac{(4500000)(20000)}{(2500000)(15000)}} \\ &= \sqrt{\frac{90000000000}{37500000000}} \\ &= \sqrt{2,4} \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

Nilai n adalah bilangan bulat positif maka diambil $n_1 = 1$ dan $n_2 = 2$.

$$\begin{aligned}
 F(n_1) = F(1) &= \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1] \\
 &= \left[2500000 + \frac{4500000}{1} \right] [20000 + 1(15000)] \\
 &= [2500000 + 4500000][20000 + 15000] \\
 &= [7000000][35000] \\
 &= \text{Rp } 245.000.000.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F(n_2) = F(2) &= \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1] \\
 &= \left[2500000 + \frac{4500000}{2} \right] [20000 + 2(15000)] \\
 &= [2500000 + 2250000][20000 + 30000] \\
 &= [4750000][50000] \\
 &= \text{Rp } 237.500.000.000
 \end{aligned}$$

Karena $F(n_1) \geq F(n_2)$ maka nilai n yang optimal adalah $n = n_2 = 2$. Oleh karena itu akan diambil pula nilai n yang lebih besar dari n optimal, yaitu $n = 3$ untuk melihat perbandingan nilai yang dihasilkan.

Selanjutnya, akan dihitung besarnya permintaan untuk setiap kali produksi. Besarnya permintaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$\begin{aligned}
 D &= a - (b \times C_3) \\
 &= 300000 - (0,2)(25000) \\
 &= 300000 - 5000 \\
 &= \text{Rp } 295.000
 \end{aligned}$$

Banyaknya pemesanan distributor dapat dihitung dengan rumus, Untuk $n = 2$

$$\begin{aligned}
 q_R(\text{optimum}) &= \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}} \\
 &= \sqrt{\frac{2(295000) \left[2500000 + \frac{4500000}{2} \right]}{0,15[20000 + 2(15000)]}} \\
 &= \sqrt{373666666,7} \\
 &= 19330 \text{ kotak}
 \end{aligned}$$

Untuk $n = 3$

$$\begin{aligned}q_R(\text{optimum}) &= \sqrt{\frac{2D \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right]}{i[C_2 + nC_1]}} \\&= \sqrt{\frac{2(295000) \left[2500000 + \frac{4500000}{3} \right]}{0,15[20000 + 3(15000)]}} \\&= \sqrt{242051282,1} \\&= 15558 \text{ kotak}\end{aligned}$$

Banyaknya pemesanan perusahaan dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

Untuk $n = 2$

$$\begin{aligned}q_M &= n \cdot q_R \\&= 2 \cdot (19330) \\&= 38660 \text{ kotak}\end{aligned}$$

Untuk $n = 3$

$$\begin{aligned}q_M &= n \cdot q_R \\&= 3 \cdot (15558,00) \\&= 46674 \text{ kotak}\end{aligned}$$

Besarnya total biaya pada distributor dihitung menggunakan rumus,

Untuk nilai $q_R(\text{optimum}) = 19330$

$$\begin{aligned}TC_R &= \frac{D}{q_R} S_R + \frac{q_R}{2} C_2 i \\&= \frac{295000}{19330} (2500000) \\&\quad + \frac{19330}{2} (20000)(0,15) \\&= 38152222,81 + 28995689,33 \\&= \text{Rp } 67.147.912,14\end{aligned}$$

Untuk nilai $q_R(\text{optimum}) = 15558$

$$\begin{aligned}TC_R &= \frac{D}{q_R} S_R + \frac{q_R}{2} C_2 i \\&= \frac{295000}{15558} (2500000) \\&\quad + \frac{15558}{2} (20000)(0,15) \\&= 47403273,23 + 23336996,05 \\&= \text{Rp } 70.740.269,28\end{aligned}$$

Besarnya total biaya pada perusahaan dapat dihitung menggunakan rumus,

Untuk $n = 2$ dan $q_R(\text{optimum}) = 19330$

$$\begin{aligned}TC_M &= \frac{D}{n \cdot q_R} S_M + \frac{n \cdot q_R}{2} C_1 i \\&= \frac{295000}{2(19330)} (4500000) + \frac{2(19330)}{2} (15000)(0,15) \\&= \frac{295000}{38660} (4500000) + 19330(2250) \\&= 34337000,53 + 43493534 \\&= \text{Rp } 77.830.534,53\end{aligned}$$

Untuk $n = 3$ dan $q_R(\text{optimum}) = 15558$

$$\begin{aligned}TC_M &= \frac{D}{n \cdot q_R} S_M + \frac{n \cdot q_R}{2} C_1 i \\&= \frac{295000}{3(15558)} (4500000) + \frac{3(15558)}{2} (15000)(0,15) \\&= \frac{295000}{46673} (4500000) + 23337(2250) \\&= 28441963,94 + 52508241,11 \\&= \text{Rp } 80.950.205,05\end{aligned}$$

Besarnya total biaya pada perusahaan dihitung dengan menggunakan rumus,

Untuk $n = 2$

$$TC(\text{optimum}) = \sqrt{2Di \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1]}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{2(295000)(0,15) \left[2500000 + \frac{4500000}{2} \right]} \\
&\quad \times \sqrt{20000 + 2(15000)} \\
&= \sqrt{(88500)(4750000)(50000)} \\
&= \text{Rp } 144.978.446,7
\end{aligned}$$

Untuk $n = 3$

$$\begin{aligned}
TC(\text{optimum}) &= \sqrt{2Di \left[S_R + \frac{S_M}{n} \right] [C_2 + nC_1]} \\
&= \sqrt{2(295000)(0,15) \left[2500000 + \frac{4500000}{3} \right]} \\
&\quad \times \sqrt{20000 + 3(15000)} \\
&= \sqrt{(88500)(3625000)(80000)} \\
&= \text{Rp } 151.690.474,3
\end{aligned}$$

4.3 Analisis perbandingan dan analisis sensitivitas

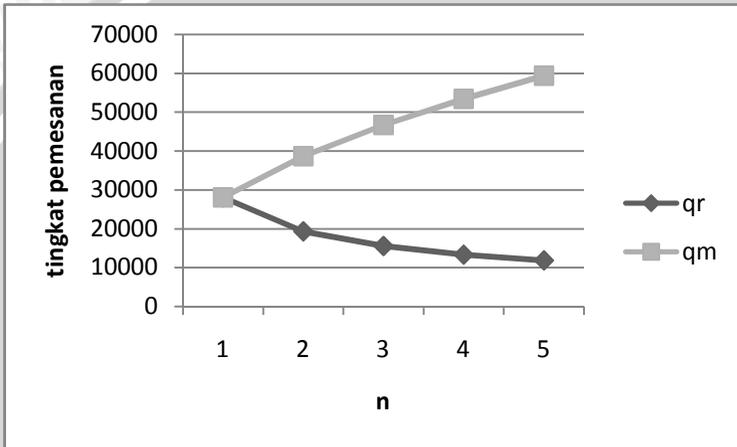
Analisis perbandingan dilakukan untuk melihat perbandingan antara total biaya *supply chain* (TC) dan banyaknya pemesanan (q_R) dengan dan tanpa adanya koordinasi. Hasil perbandingan dapat dilihat pada pembahasan berikut.

4.3.1 Variasi nilai optimal pada variabel keputusan dan fungsi objektif terhadap perubahan nilai n

Tabel 4.1 Variasi nilai optimal dari variabel keputusan dan fungsi objektif terhadap nilai n

n	$q_R(\text{opt})$ (kotak)	q_M (kotak)	TC_R (Rp)	TC_M (Rp)	TC (Rp)
1	28048	28048	68365973	78883815	147249788
2	19330	38661	67147912	77830535	144978447
3	15558	46674	70740269	80950205	151690474
4	13350	53401	75267787	84935209	160201996
5	11865	59324	79956098	89116371	169072470

Variasi pada nilai n (rasio persediaan) mengakibatkan perubahan yang signifikan terhadap nilai q_R , q_M , TC_R , TC_M dan TC . Jika dilihat perbandingan nilai TC (biaya total *supply chain*) nilai $n = 2$ akan memberikan nilai TC yang lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai n yang lain. Sehingga secara umum dapat dikatakan nilai $n = 2$ akan memberikan nilai TC yang terkoordinasi.

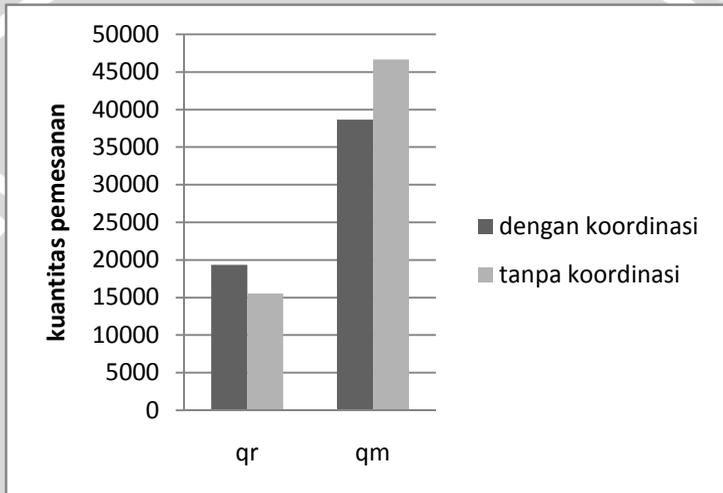


Gambar 4.1 Grafik variasi q_R dan q_M terhadap n

Berdasarkan Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa banyaknya pemesanan pada distributor semakin menurun sedangkan banyaknya pemesanan pada perusahaan semakin bertambah. Hal ini dikarenakan karena banyaknya pemesanan pada distributor berbanding terbalik terhadap nilai n sedangkan banyaknya pemesanan pada perusahaan berbanding lurus dengan nilai n .

4.3.2 Perbandingan antara q_R (*optimal*) dan q_M pada model dua tingkat *supply chain* yang terkoordinasi dan tidak terkoordinasi

Dari hasil perhitungan numerik yang telah dilakukan dengan menggunakan data dari UD. NN Malang dapat dibentuk sebuah grafik perbandingan antara q_R dan q_M dengan dan tanpa koordinasi.



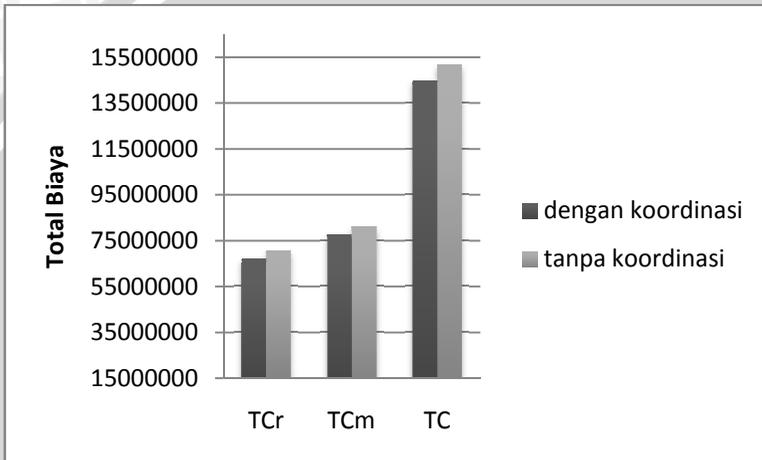
Gambar 4.2 Grafik perbandingan antara q_R dan q_M dengan dan tanpa koordinasi

Berdasarkan Gambar 4.2, dapat dilihat bahwa banyaknya pemesanan pada distributor lebih tinggi jika menggunakan koordinasi dibandingkan tanpa koordinasi. Sebaliknya, pemesanan pada perusahaan lebih sedikit jika menggunakan koordinasi dibandingkan tanpa koordinasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa koordinasi dalam *supply chain* berpengaruh secara signifikan terhadap banyaknya jumlah pemesanan distributor dan perusahaan.

4.3.3 Perbandingan antara TC, TC_R, TC_M dengan koordinasi dan tanpa koordinasi

Grafik perbandingan antara nilai TC, TC_R, TC_M pada perhitungan numerik dapat dilihat pada Gambar 4.3. Dari grafik dapat dilihat bahwa total biaya pada distributor (TC_R), perusahaan (TC_M) dan *supply chain* (TC) lebih rendah jika menggunakan

koordinasi jika dibandingkan tanpa koordinasi. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan koordinasi terdapat kebijakan penentuan harga sehingga aliran finansial pada masing-masing rantai akan lebih mudah untuk dilakukan penghematan. Sebagai akibatnya biaya yang harus dikeluarkan oleh masing-masing anggota dalam *supply chain* tidak terlalu besar.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan antara T_{Cr} dan T_{Cm} dengan dan tanpa koordinasi

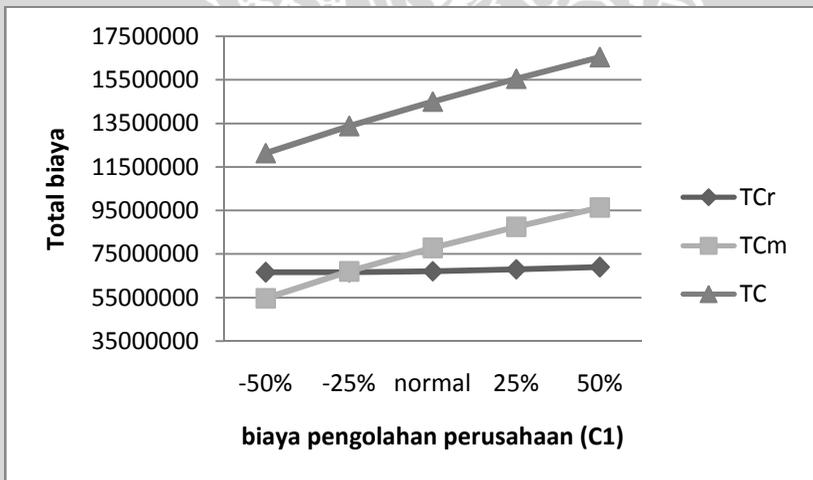
4.3.4 Analisis sensitivitas

Analisis sensitivitas yang dilakukan pada model bertujuan untuk melihat variabel yang sensitif (variabel yang mengubah nilai fungsi tujuan). Perubahan nilai yang dilakukan adalah dengan memberikan variasi nilai pada masing-masing variabel sebesar -50%, -25% , +25%, +50% dari nilai awal. Hasil analisis sensitivitas dapat dilihat pada pembahasan berikut.

Tabel 4.2 Analisis sensitivitas pada variabel C_1 (biaya pengolahan perusahaan) sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%

Variabel	Variasi	q_R	q_M	TC_R	TC_M	TC
C_1	-50%	23104	46209	66576917	54720754	121297671
	-25%	20967	41934	66624852	67038671	133663523
	normal	19330	38661	67147912	77830535	144978447
	25%	18026	36051	67952321	87519743	155472063
	50%	16954	33908	68931129	96369733	165300862

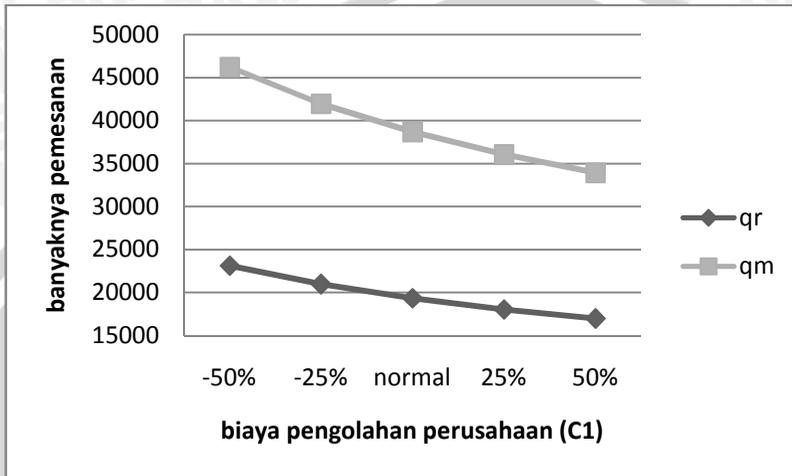
Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa peningkatan biaya pengolahan (C_1) akan menyebabkan penurunan terhadap banyaknya pemesanan baik pada distributor maupun perusahaan. Hal ini sesuai dengan hukum permintaan yaitu jika tingkat harga tinggi maka jumlah permintaan akan berkurang, begitu pula sebaliknya.



Gambar 4.4 Grafik analisis sensitivitas C_1 terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M dan TC

Berdasarkan Gambar 4.4 total biaya baik pada perusahaan (TC_M), distributor (TC_R) dan *supply chain* (TC) akan meningkat seiring dengan adanya peningkatan biaya pengolahan (C_1). Namun,

peningkatan yang terjadi pada total biaya distributor (TC_R) tidak terlalu besar.



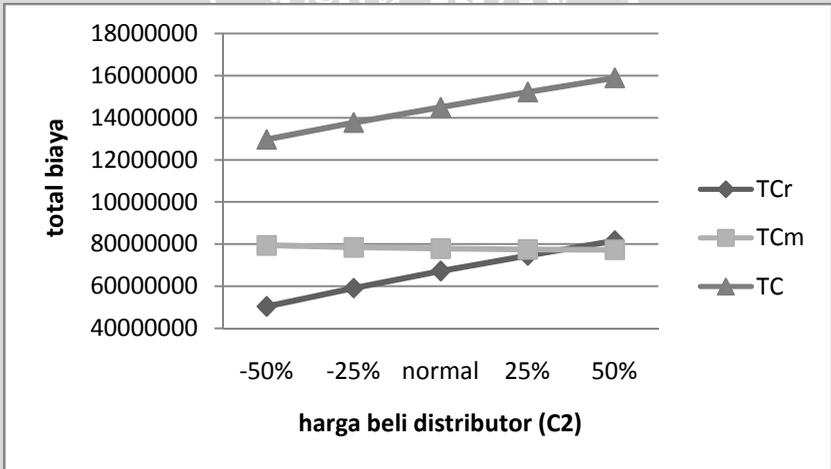
Gambar 4.5 Grafik analisis sensitivitas C_1 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai pada C_1 akan mempengaruhi perubahan nilai pada total biaya perusahaan (TC_M), total biaya supply chain (TC), banyaknya pemesanan distributor (q_R) dan banyaknya pemesanan perusahaan (q_M). Sedangkan pada total biaya distributor (TC_R) perubahan nilai C_1 perubahan yang terjadi tidak terlalu besar

Tabel 4.3 Analisis sensitivitas pada variabel C_2 (harga beli distributor) sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%

Variabel	Variasi	q_R	q_M	TC_R	TC_M	TC
C_2	-50%	21612	43224	50333469	79339196	129672665
	-25%	20376	40752	59117482	78421149	137538631
	normal	19330	38661	67147912	77830535	144978447
	25%	18431	36862	74572270	77482408	152054678
	50%	17646	35292	81497649	77318282	158815931

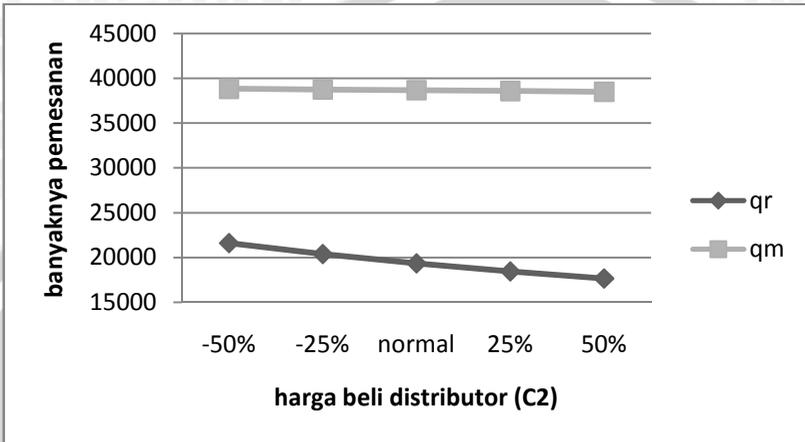
Berdasarkan Tabel 4.3 peningkatan harga beli distributor (C_2) akan menyebabkan penurunan banyaknya pemesanan distributor (q_R), di sisi lain banyaknya pemesanan perusahaan juga akan mengalami penurunan namun penurunan yang terjadi tidak terlalu besar. Begitu pula pada total biaya yang ada, akan terjadi penurunan namun penurunan yang terjadi juga tidak terlalu besar.



Gambar 4.6 Grafik analisis sensitivitas C_2 terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M dan TC

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat perubahan nilai pada variabel C_2 (harga beli distributor) akan menyebabkan perubahan pada besarnya nilai total biaya distributor (TC_R) dan total biaya

supply chain (TC). Sedangkan pada total biaya perusahaan (TC_M) perubahan yang terjadi tidak terlalu besar atau relatif stabil.



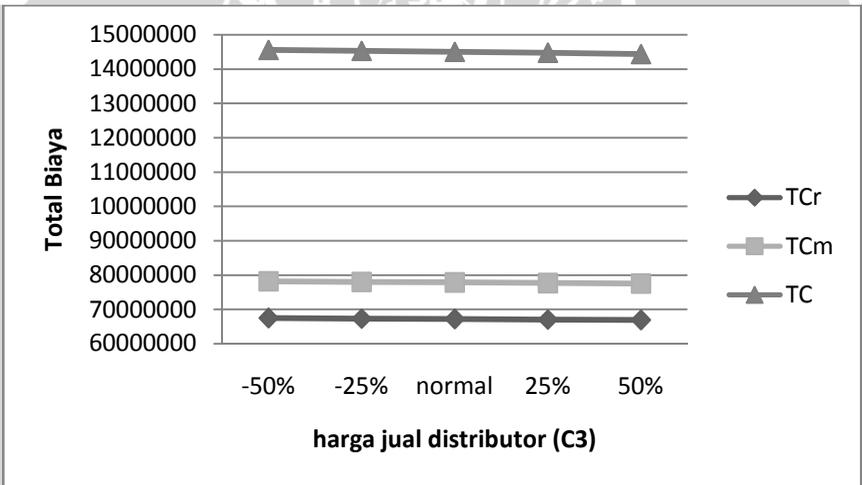
Gambar 4.7 Grafik analisis sensitivitas C_2 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M

Berdasarkan Tabel 4.3, Gambar 4.6 dan Gambar 4.7 perubahan nilai harga beli distributor C_2 mengakibatkan adanya perubahan yang signifikan pada nilai q_R , TC_R , dan TC sedangkan pada nilai q_M dan TC_M perubahan yang terjadi tidak terlalu besar. Sehingga dapat disimpulkan perubahan terhadap nilai harga beli distributor C_2 akan berpengaruh secara signifikan terhadap banyaknya pemesanan distributor, total biaya distributor dan total biaya supply chain dan tidak terlalu berpengaruh terhadap banyaknya pemesanan perusahaan dan total biaya perusahaan.

Tabel 4.4 Analisis sensitivitas pada variabel C_3 (harga jual distributor) sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%

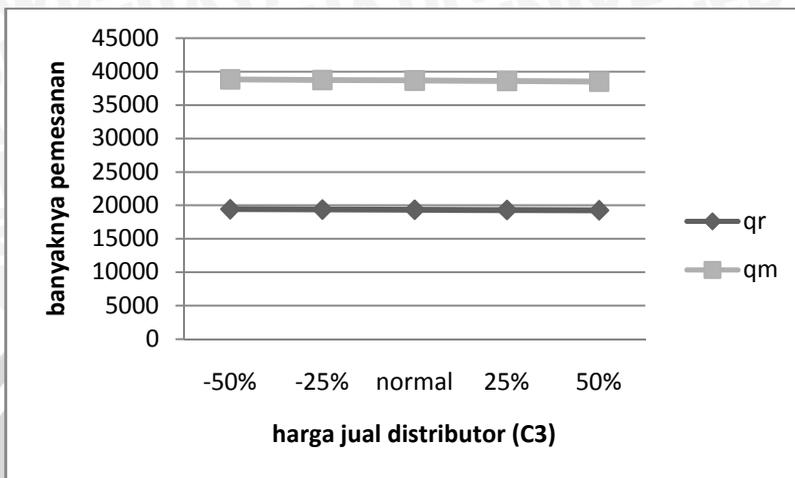
Variabel	Variasi	q_R	q_M	TC_R	TC_M	TC
C_3	-50%	19412	38824	67431837	78159629	145591466
	-25%	19371	38743	67290024	77995255	145285280
	normal	19330	38661	67147912	77830535	144978447
	25%	19289	38579	67005499	77665464	144670963
	50%	19248	38497	66862782	77500042	144362824

Berdasarkan Tabel 4.4, analisis sensitivitas pada variabel C_3 (harga jual distributor) diperoleh bahwa perubahan pada harga jual distributor mengakibatkan penurunan terhadap banyaknya pemesanan maupun total biaya yang ada. Namun, besarnya penurunan yang terjadi tidak terlalu besar



Gambar 4.8 Grafik analisis sensitivitas C_3 terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M dan TC

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dilihat perubahan nilai pada harga jual distributor (C_3) tidak terlalu berpengaruh terhadap perubahan total biaya distributor, total biaya perusahaan dan total biaya *supply chain*.



Gambar 4.9 Grafik analisis sensitivitas C_3 terhadap perubahan nilai q_R dan q_M

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat perubahan pada harga jual distributor (C_3) juga tidak terlalu berpengaruh terhadap banyaknya pemesanan distributor (q_R) dan banyaknya pemesanan perusahaan (q_M).

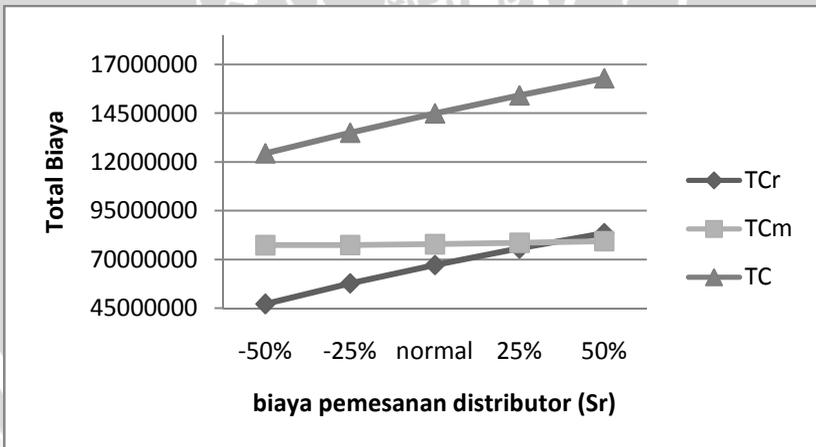
Oleh karena itu, berdasarkan Tabel 4.4, Gambar 4.8 dan Gambar 4.9 dapat disimpulkan bahwa adanya perubahan pada nilai C_3 tidak mengakibatkan perubahan yang signifikan terhadap biaya total yang ada dan besarnya banyaknya pemesanan.

Tabel 4.5 Analisis sensitivitas pada variabel S_R (biaya pemesanan distributor) sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%

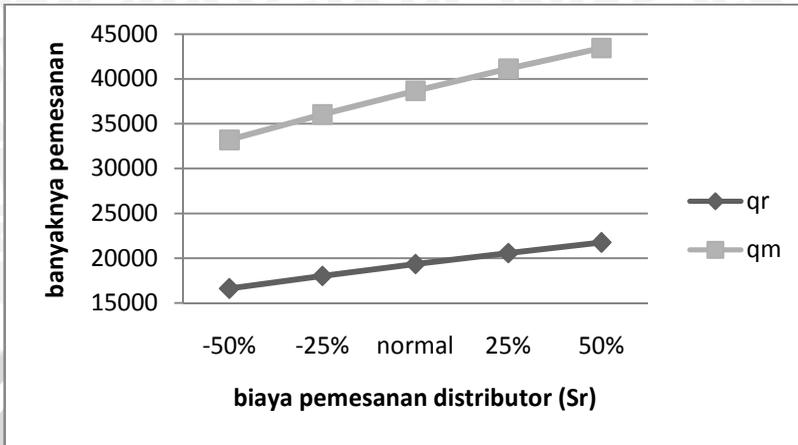
Variabel	Variasi	q_R	q_M	TC_R	TC_M	TC
S_R	-50%	16593	33186	47112754	77336030	124448785
	-25%	18014	36028	57726309	77377818	135104127
	normal	19331	38661	67147912	77830535	144978447
	25%	20563	41126	75676297	78545540	154221837
	50%	21726	43451	83507625	79434082	162941707

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat peningkatan biaya pemesanan distributor akan meningkatkan biaya total supply chain (TC), biaya total distributor (TC_R) dan banyaknya pemesanan perusahaan (q_M) secara signifikan. Pada banyaknya pemesanan distributor (q_R) juga mengalami peningkatan namun peningkatan yang terjadi tidak terlalu besar. Sedangkan pada biaya total perusahaan (TC_M) kenaikannya relatif kecil sehingga besarnya total biaya perusahaan relatif stabil.

Grafik pengaruh perubahan biaya pemesanan distributor terhadap total biaya dapat dilihat pada Gambar 4.10. dari gambar dapat dilihat perubahan biaya pemesanan distributor akan berpengaruh terhadap total biaya distributor dan *supply chain*.



Gambar 4.10 Grafik analisis sensitivitas S_R terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M dan TC



Gambar 4.11 Grafik analisis sensitivitas S_R terhadap perubahan nilai q_R dan q_M

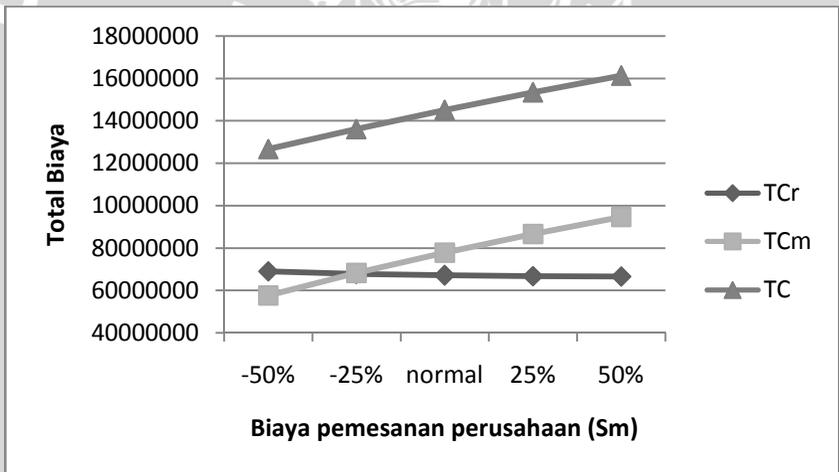
Pada Gambar 4.11 dapat dilihat perubahan biaya pemesanan distributor akan berpengaruh terhadap perubahan banyaknya pemesanan distributor maupun perusahaan.

Sehingga, berdasarkan Tabel 4.5, Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai pada variabel S_R berpengaruh terhadap perubahan nilai TC_R , TC , q_R dan q_M . Sedangkan pada nilai TC_M perubahan yang terjadi tidak terlalu besar.

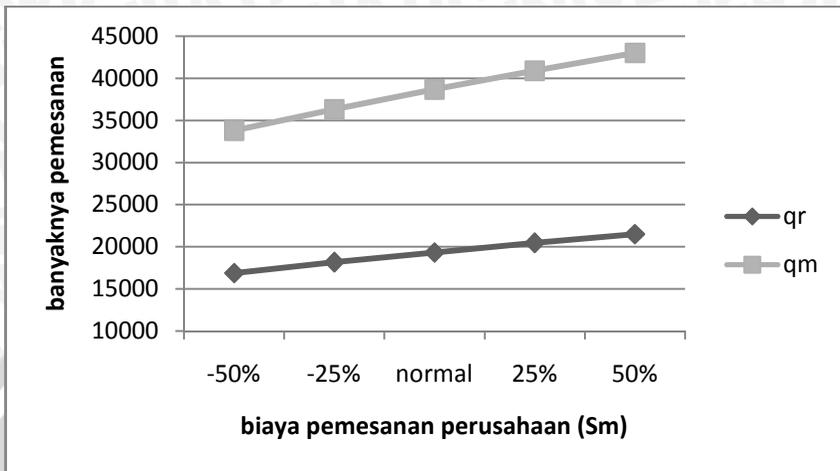
Tabel 4.6 Analisis sensitivitas pada variabel S_M (biaya pemesanan perusahaan) sebesar -50%, -25%, +25% dan +50%

Variabel	Variasi	q_R	q_M	TC_R	TC_M	TC
S_M	-50%	16887	33774	69003280	57648309	126651589
	-25%	18140	36300	67858728	68265067	136123795
	normal	19330	38661	67147912	77830535	144978447
	25%	20443	40886	66740416	86582161	153322577
	50%	21498	42996	66552511	94682954	161235464

Pada Tabel 4.6 dapat dilihat penurunan pada biaya pemesanan perusahaan (S_M) akan menyebabkan penurunan pada besarnya banyaknya pemesanan dan total biaya yang ada. Begitu pula pada saat terjadi peningkatan, maka banyaknya pemesanan dan total biaya juga akan mengalami peningkatan.



Gambar 4.12 Grafik analisis sensitivitas S_M terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M dan TC



Gambar 4.13 Grafik analisis sensitivitas S_M terhadap perubahan nilai q_R dan q_M

Berdasarkan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 dapat dilihat perubahan nilai S_M mengakibatkan perubahan yang signifikan terhadap nilai TC_M , TC , q_R dan q_M . Sebaliknya pada TC_R tidak terjadi perubahan yang terlalu besar dengan adanya perubahan nilai S_M .

Berdasarkan analisis sensitivitas yang dilakukan, perubahan nilai pada variabel C_1, S_R, S_M mengakibatkan adanya perubahan yang signifikan terhadap nilai total biaya dan banyaknya pemesanan. Sebaliknya perubahan nilai pada variabel C_2 dan C_3 tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai total biaya dan banyaknya pemesanan baik pada distributor maupun perusahaan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah.

1. Diperoleh perumusan model untuk menghitung banyaknya pemesanan yang optimal agar diperoleh total biaya *supply chain* yang minimum. Model jumlah pemesanan yang optimal terdiri atas permintaan (D), biaya pemesanan distributor (S_R), biaya pemesanan perusahaan (S_M), bunga atau *interest rate* (i), harga pembelian distributor (C_2) dan biaya pengolahan perusahaan (C_1). Sedangkan model untuk biaya total *supply chain* yang optimal terdiri permintaan (D), biaya pemesanan, harga beli distributor dan biaya pengolahan.

2. Berdasarkan perhitungan numerik yang dilakukan dengan menggunakan data UD. NN Malang, diperoleh total biaya *supply chain* optimal sebesar Rp 144.978.446,7. Dengan besarnya pemesanan distributor optimal sebesar 19330 kotak. Dari hasil perbandingan juga diperoleh bahwa besarnya biaya total *supply chain* dengan koordinasi akan lebih rendah jika dibandingkan tanpa koordinasi.

Berdasarkan analisis sensitivitas yang dilakukan perubahan nilai pada variabel C_1, S_M dan S_R mengakibatkan adanya perubahan yang signifikan terhadap nilai total biaya dan banyaknya pemesanan. Sebaliknya perubahan nilai pada variabel C_2 dan C_3 tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap perubahan nilai total biaya dan banyaknya pemesanan baik pada distributor maupun pada perusahaan.

5.2 Saran

Untuk penulisan skripsi selanjutnya, diharapkan mahasiswa dapat mencari analisis sensitivitas untuk banyaknya pemesanan distributor yang optimum. Selain itu dapat juga mengembangkan model untuk permasalahan yang lebih kompleks seperti multi pemasok dan multi item. Dan dapat pula memanfaatkan algoritma genetika dalam penyelesaian masalah model tersebut.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M., I Nyoman. P dan Stefanus. E.W. - . *Model Koordinasi Pemanufaktur Tunggal-Multi Pembeli dengan Permintaan Probabilistik*. ITS Master Paper, No. 15488.
- Herjanto, E. 2001. *Manajemen Produksi dan Operasi*. PT Gramedia.Jakarta.
- Imam, K. 2012. *Operation Research-Analisis Sensitivitas*. Diakses tanggal 31 Januari 2013.
- Kota, S. S., Narayanan. S dan Nagaraju. D. 2012. *Coordination in Two Level Supply Chain with Price Dependent Demand*. Applied Mathematic Science, Vol. 6, No. 74, 3687-3703.
- Kusuma, H. 1999. *Manajemen Produksi: Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Penerbit ANDI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Mayasari, N. M. 2012. *Penerapan Algoritma Genetika Untuk Permasalahan Distribusi Rantai Pasok Dua Tingkat Yang Dipengaruhi Oleh Biaya Tetap*. ITS Undergraduate Paper, No. 9837.
- Mulyono, S. 2004. *Riset Operasi*. Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Pardede, P. M. 2005. *Manajemen Operasi dan Produksi : Teori, Model, dan Kebijakan*. Penerbit ANDI Yogyakarta. Yogyakarta.
- Pujawan, N. I. 2005. *Supply Chain Management Edisi Pertama, Institut Teknologi Sepuluh November*. Penerbit Guna Widya. Surabaya.

Pujawan, N. I. 2008. *Supply Chain Management Edisi Kedua, Institut Teknologi Sepuluh November*. Penerbit Guna Widya. Surabaya.

Simchi-Levi, D., Kaminsky, P., dan Simchi-Levi, E. 2000. *Designing and Managing the Supply Chain*. Mc Graw Hill Int. Ed. Singapore

Surya. 2012. <http://digilib.uns.ac.id> . *Penerapan Just In Time Sebagai Metode Pengendalian Persediaan*. Diakses tanggal 19 Oktober 2012.

Taha, H. A. 2007. *Operation Research an Introduction Eighth Edition*. Pearson Prentice Hall. Singapore

Thomas, D. J. dan P. M. Griffin. 1996. *Coordinated Supply Chain Management*. European Journal of Operation Research, 94:1-15.

Toktas-Palut, P. dan F. Ulegin. 2011. *Coordination in a Two-Stage Capacitated Supply Chain with Multiple Suppliers*. European Journal of Operation Research, 212:43-53.

Yuliawati, E. 2009. *Koordinasi Supply Chain Satu Pabrik-Satu Distributor Pada Model Penentuan Harga Dan Keputusan Produksi*. Jurnal Teknik Industri, Vol. 10 No. 2: 114-119

LAMPIRAN

Lampiran 1

Perhitungan dengan menggunakan *Software Visual Basic*

Optimasi Model Koordinasi Dua Tingkat Supply Chain Pada Proses Distribusi Barang (Studi Kasus di UD NN Malang)

Nilai D

Nilai a: 300000

Nilai b: 20 %

Nilai C3: 25000

Hitung

Nilai D: 295000

Nilai n*

Nilai Sm: 4500000 Nilai Sr: 2500000

Nilai C1: 15000 Nilai i: 15 %

Nilai C2: 20000

Hitung

Nilai n1: 1 Nilai n2: 2

Hasil

Nilai Fn1: 2450000000000 > Nilai Fn2: 2375000000000

Cari Hasil

TC1: 144978446.6739 < TC2: 147249787.7757

Hasil

Dengan Koordinasi

Variasi Nilai n

Variasi Nilai n

Nilai D

Nilai a:

Nilai b: %

Nilai C3:

Nilai D:

Hasil

Nilai n1	Nilai n2
<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>

qr	qr
<input type="text" value="19330,45955653"/>	<input type="text" value="15557,99736634"/>
qm	qm
<input type="text" value="38660,91911306"/>	<input type="text" value="46673,99209904"/>
TCr	TCr
<input type="text" value="67147912,14373"/>	<input type="text" value="70740269,27511"/>
TCm	TCm
<input type="text" value="77830534,53024"/>	<input type="text" value="80950205,04677"/>
TC1	TC2
<input type="text" value="144978446,6739"/>	<input type="text" value="151690474,3218"/>

Hasil

Input

Nilai Sm:

Nilai C1:

Nilai C2:

Nilai Sr:

Nilai i: %



Lampiran 2

Listing Program dengan menggunakan *Software Visual Basic*

```
Public Class Form1
```

```
Dim aa As Double  
Dim bb As Double  
Dim cc3 As Double  
Dim dd As Double  
Dim smm As Double  
Dim srr As Double  
Dim cc1 As Double  
Dim cc2 As Double  
Dim nn1 As Double  
Dim nn2 As Double  
Dim nn As Double  
Dim fnn1 As Double  
Dim fnn2 As Double  
Dim tc1 As Double  
Dim tc2 As Double  
Dim ii As Double
```

```
Private Sub Button1_Click(ByVal sender As  
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
Button1.Click
```

```
aa = Cdbl(a.Text)  
bb = Cdbl(b.Text) / 100  
cc3 = Cdbl(c3.Text)  
dd = aa - (bb * cc3)  
d.Text = dd.ToString
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(ByVal sender As  
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles  
Button2.Click
```

```
smm = Cdbl(sm.Text)  
srr = Cdbl(sr.Text)  
cc1 = Cdbl(c1.Text)
```

```

cc2 = CDb1(c2.Text)

nn = Math.Sqrt((smm * cc2) / (srr * cc1))
n2.Text = CInt(nn)
nn2 = CDb1(n2.Text)
n1.Text = CInt(nn) - 1
nn1 = CDb1(n1.Text)

fnn1 = (srr + (smm / nn1)) * (cc2 + (nn1 *
cc1))
fn1.Text = fnn1.ToString

fnn2 = (srr + (smm / nn2)) * (cc2 + (nn2 *
cc1))
fn2.Text = fnn2.ToString

If (fnn1 > fnn2) Then
    tanda.Text = ">"
Else
    tanda.Text = "<"
End If

End Sub

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button3.Click

    ii = CDb1(iii.Text) / 100

    tc1 = Math.Sqrt(2 * dd * ii * (srr + (smm /
nn2)) * (cc2 + (nn2 * cc1)))
    tc1.Text = tc1.ToString
    tc2 = Math.Sqrt(2 * dd * ii * (srr + (smm /
nn1)) * (cc2 + (nn1 * cc1)))
    tc2.Text = tc2.ToString

    If (tc1 < tc2) Then

```

```

tanda2.Text = "<"
hasil.Text = "Dengan Koordinasi"
Else
tanda2.Text = ">"
hasil.Text = "Tanpa Koordinasi"
End If

End Sub

Private Sub Button4_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button4.Click
Form2.Show()
Me.Hide()

End Sub
End Class

Public Class Form2

Dim aa, bb, cc3, dd As Double
Dim sm, c1, c2, sr, ii, n1, n2, qr As Double
Dim tc1, tc2, qr1, qr2, qm1, qm2, tcr1, tcr2,
tcm1, tcm2 As Double

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button1.Click
aa = Cdbl(a.Text)
bb = Cdbl(b.Text) / 100
cc3 = Cdbl(c3.Text)
dd = aa - (bb * cc3)
d.Text = dd.ToString

End Sub

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button3.Click

Try

```

```

ii = CDb1(txt_i.Text) / 100
c1 = CDb1(txt_c1.Text)
c2 = CDb1(txt_c2.Text)
sm = CDb1(txt_sm.Text)
sr = CDb1(txt_sr.Text)
n1 = CDb1(txt_n1.Text)
n2 = CDb1(txt_n2.Text)
dd = CDb1(d.Text)

tc1 = Math.Sqrt(2 * dd * ii * (sr + (sm
/ n1)) * (c2 + (n1 * c1)))
txt_tc1.Text = tc1.ToString
tc2 = Math.Sqrt(2 * dd * ii * (sr + (sm
/ n2)) * (c2 + (n2 * c1)))
txt_tc2.Text = tc2.ToString

If (tc1 < tc2) Then
    tanda2.Text = "<"
    txt_hasil.Text = "Dengan
Koordinasi"
Else
    tanda2.Text = ">"
    txt_hasil.Text = "Tanpa Koordinasi"
End If

qr1 = Math.Sqrt((2 * dd * (sr + sm /
n1)) / (ii * (c2 + n1 * c1)))
qr2 = Math.Sqrt((2 * dd * (sr + sm /
n2)) / (ii * (c2 + n2 * c1)))

qm1 = qr1 * n1
qm2 = qr2 * n2

tcr1 = ((dd / qr1) * sr) + ((qr1 / 2) *
c2 * ii)
tcr2 = ((dd / qr2) * sr) + ((qr2 / 2) *
c2 * ii)

tcml = ((dd / (n1 * qr1)) * sm) + ((n1
* qr1) / 2) * c1 * ii)
tcm2 = ((dd / (n2 * qr2)) * sm) + ((n2
* qr2) / 2) * c1 * ii)

```

```
txt_qr1.Text = qr1.ToString
txt_qr2.Text = qr2.ToString
txt_qm1.Text = qm1.ToString
txt_qm2.Text = qm2.ToString
txt_tcr1.Text = tcr1.ToString
txt_tcr2.Text = tcr2.ToString
txt_tcm1.Text = tcm1.ToString
txt_tcm2.Text = tcm2.ToString

Catch ex As Exception
    MsgBox("Lengkapi Inputan Terlebih
Dahulu", MsgBoxStyle.Information, "Perhatian")
End Try

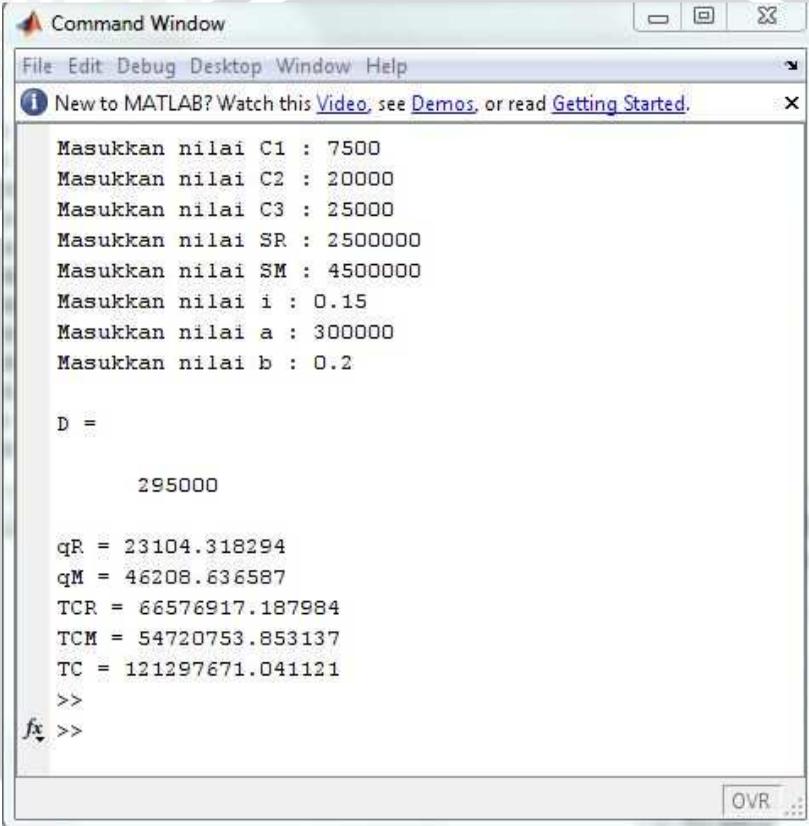
End Sub

Private Sub Button2_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Button2.Click
    Form1.Show()
    Me.Hide()

End Sub
End Class
```

Lampiran 3

Analisis sensitivitas C_1 sebesar -50%, -25%, +25%, +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



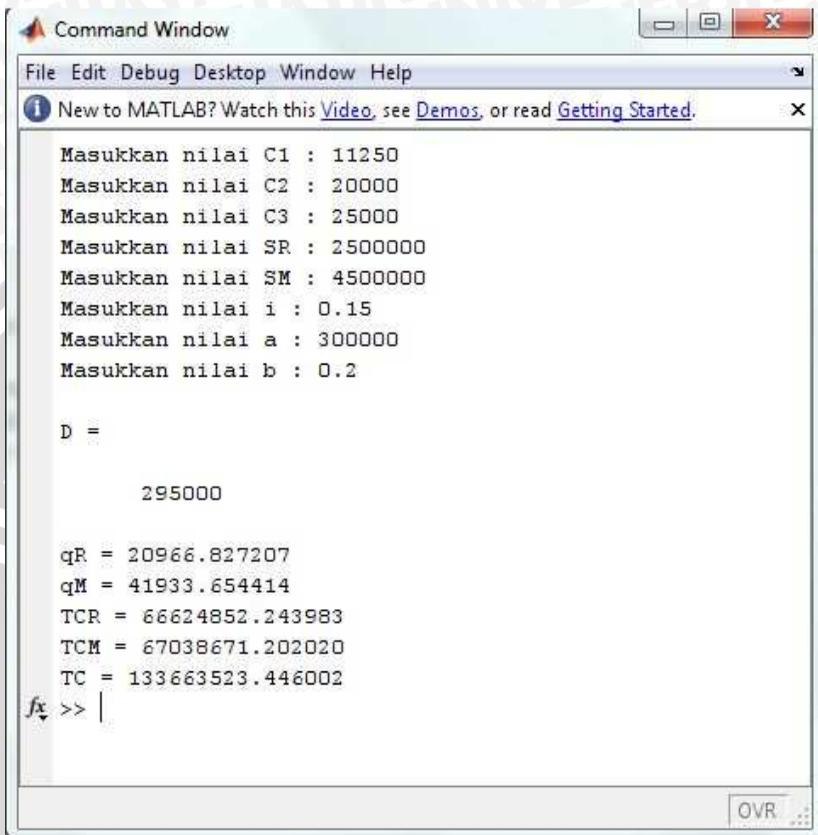
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 7500
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 23104.318294
qM = 46208.636587
TCR = 66576917.187984
TCM = 54720753.853137
TC = 121297671.041121
>>
fx >>
```

Gambar 3.1 Analisis sensitivitas C_1 dengan variasi sebesar -50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



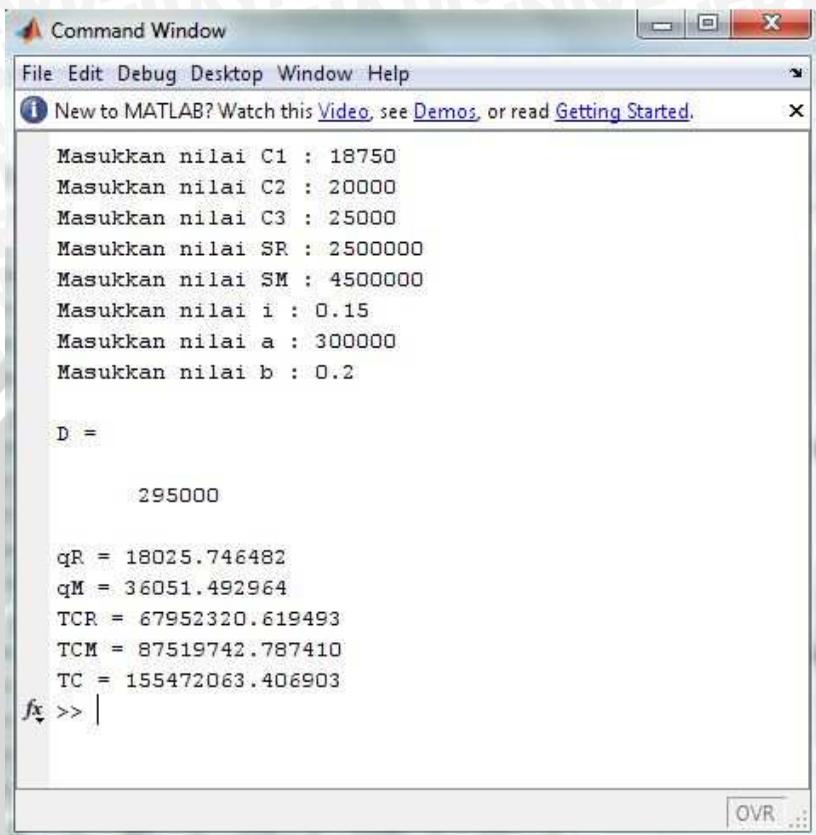
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
1 New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 11250
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 20966.827207
qM = 41933.654414
TCR = 66624852.243983
TCM = 67038671.202020
TC = 133663523.446002
fx >> |
```

Gambar 3.2 Analisis sensitivitas C_1 dengan variasi sebesar -25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The screenshot shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 18750
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

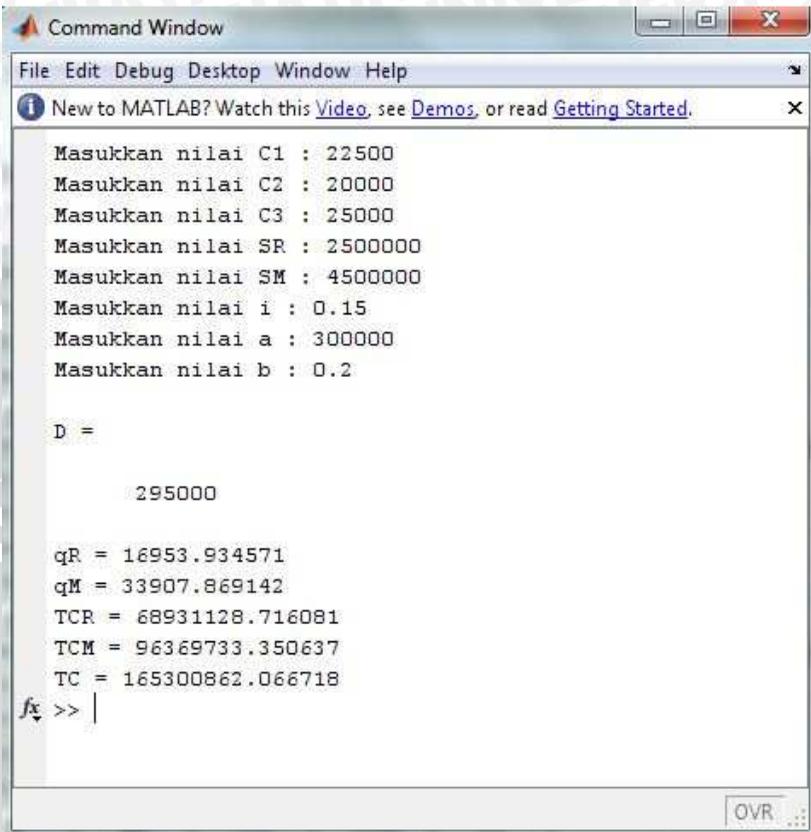
D =

    295000

qR = 18025.746482
qM = 36051.492964
TCR = 67952320.619493
TCM = 87519742.787410
TC = 155472063.406903
fx >> |
```

The window title is "Command Window" and it has standard Windows window controls (minimize, maximize, close). A status bar at the bottom right shows "OVR".

Gambar 3.3 Analisis sensitivitas C_1 dengan variasi sebesar +25 terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 22500
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

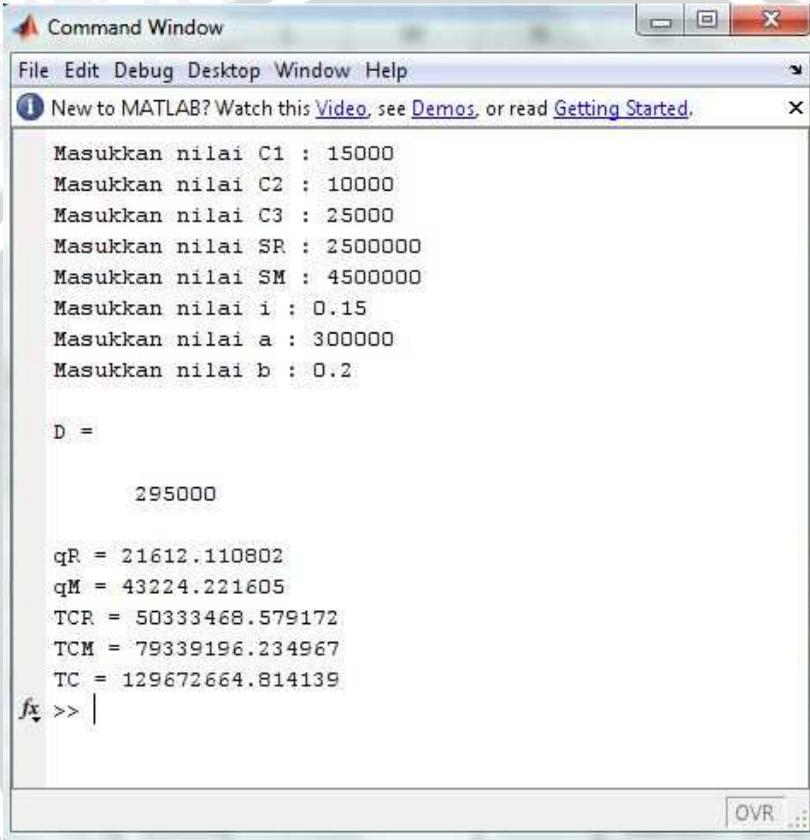
    295000

qR = 16953.934571
qM = 33907.869142
TCR = 68931128.716081
TCM = 96369733.350637
TC = 165300862.066718
fx >> |
```

Gambar 3.4 Analisis sensitivitas C_1 dengan variasi sebesar +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

Lampiran 4

Analisis sensitivitas C_2 sebesar -50%, -25%, +25%, +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



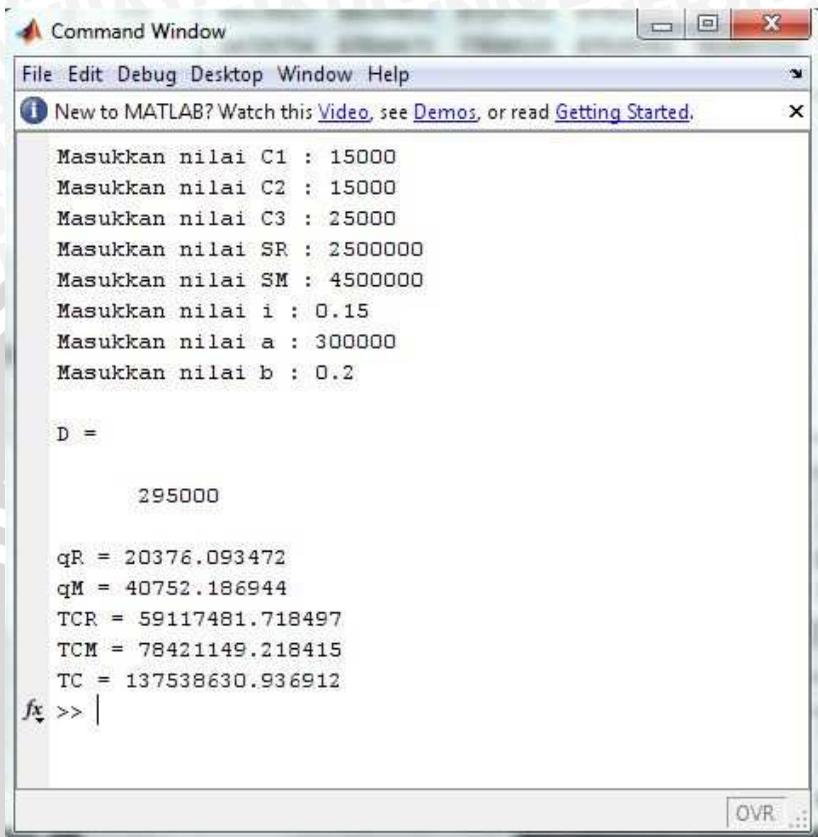
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 10000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SP : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 21612.110802
qM = 43224.221605
TCR = 50333468.579172
TCM = 79339196.234967
TC = 129672664.814139
fx >> |
```

Gambar 4.1 Analisis sensitivitas C_2 dengan variasi sebesar -50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



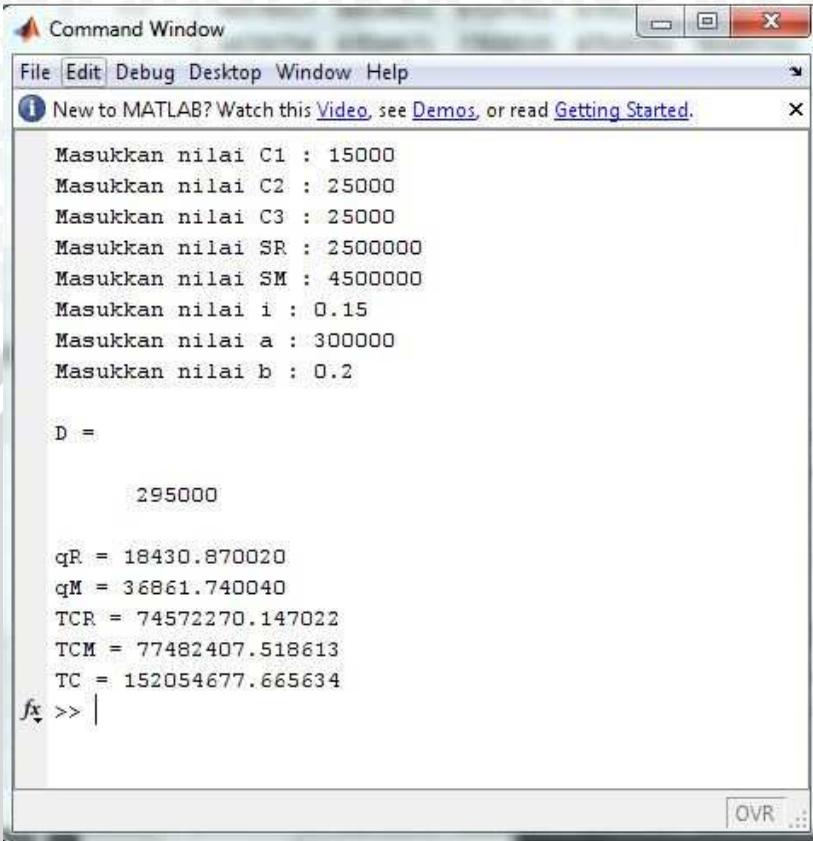
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 15000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 20376.093472
qM = 40752.186944
TCR = 59117481.718497
TCM = 78421149.218415
TC = 137538630.936912
fx >> |
OVR
```

Gambar 4.2 Analisis sensitivitas C_2 dengan variasi sebesar -25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



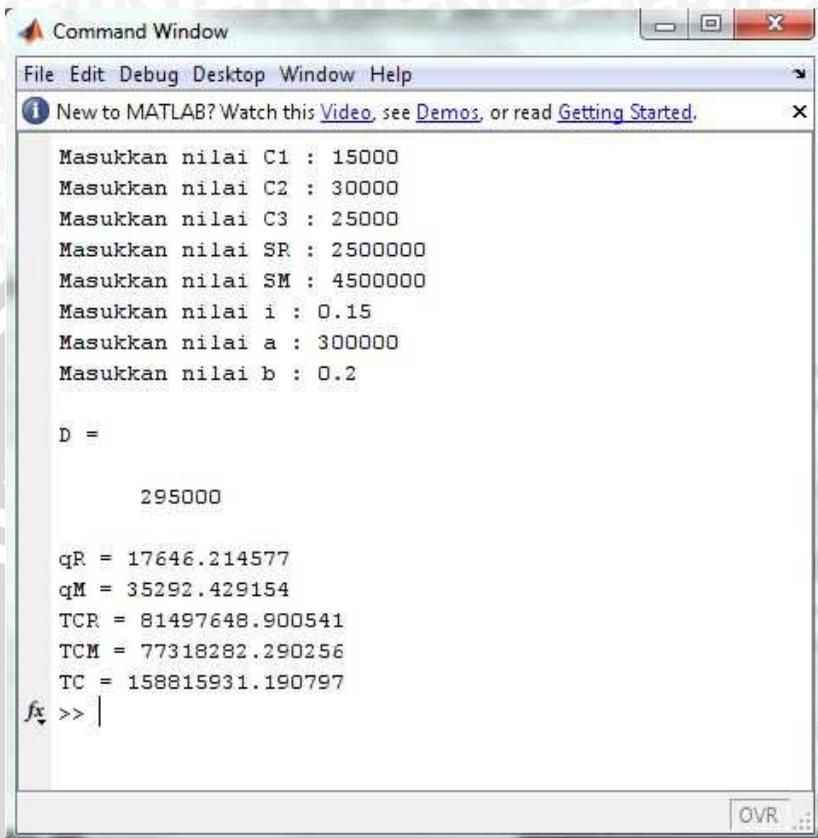
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 25000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 18430.870020
qM = 36861.740040
TCR = 74572270.147022
TCM = 77482407.518613
TC = 152054677.665634
fx >> |
```

Gambar 4.3 Analisis sensitivitas C_2 dengan variasi sebesar +25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The screenshot shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
1 New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 30000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SP : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

      295000

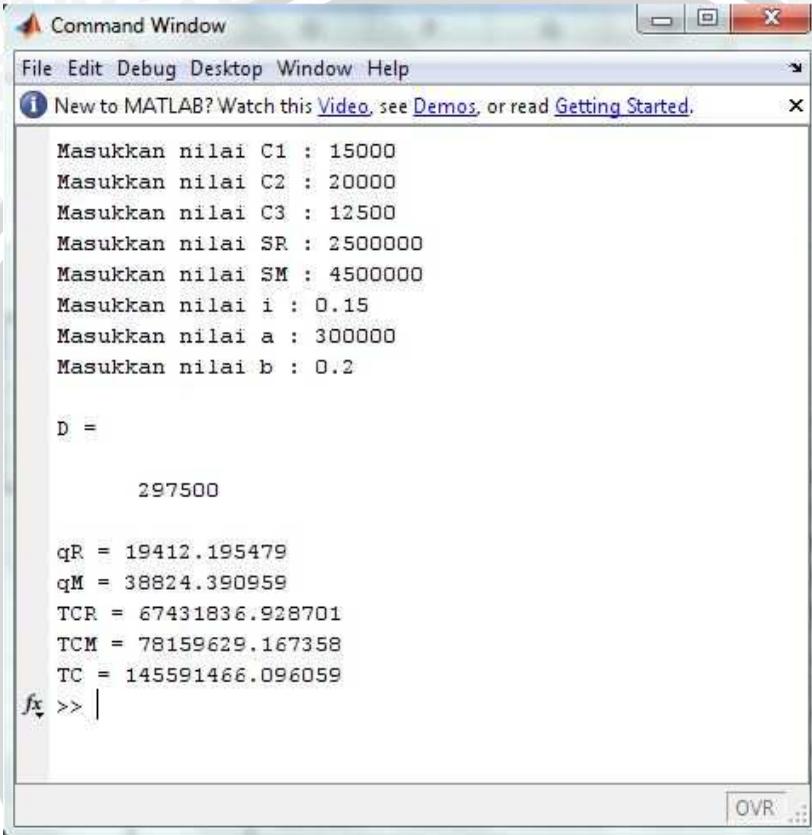
qR = 17646.214577
qM = 35292.429154
TCR = 81497648.900541
TCM = 77318282.290256
TC = 158815931.190797
fx >> |
```

OVR

Gambar 4.4 Analisis sensitivitas C_2 dengan variasi sebesar +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

Lampiran 5

Analisis sensitivitas C_3 sebesar -50%, -25%, +25%, +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

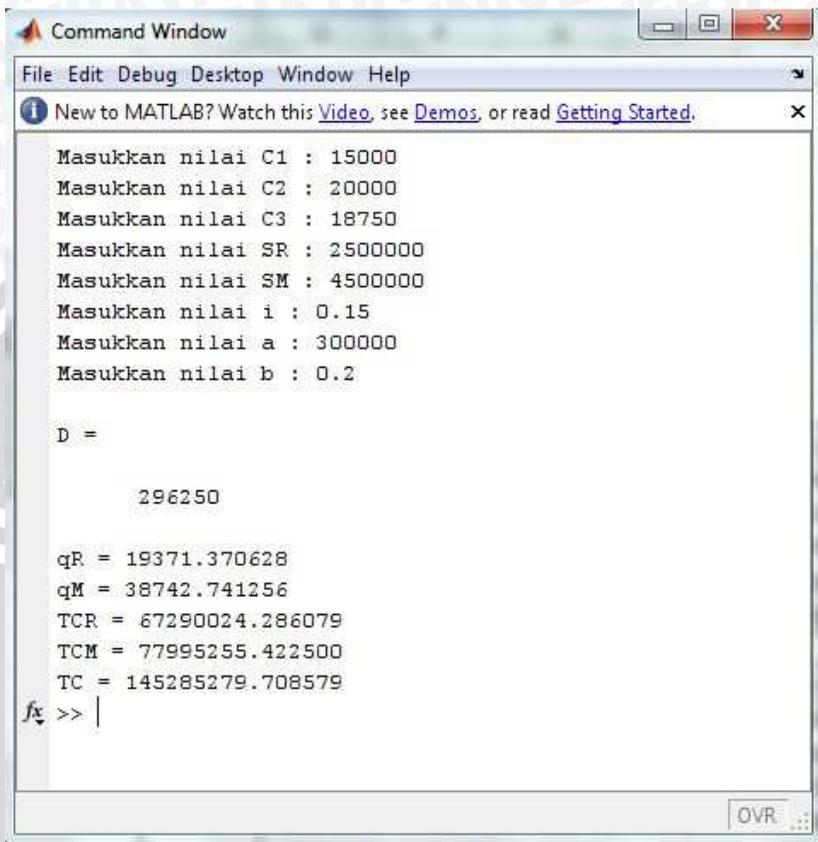
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 12500
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    297500

qR = 19412.195479
qM = 38824.390959
TCR = 67431836.928701
TCM = 78159629.167358
TC = 145591466.096059
fx >> |
```

Gambar 5.1 Analisis sensitivitas C_3 dengan variasi sebesar -50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The image shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 18750
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

      296250

qR = 19371.370628
qM = 38742.741256
TCR = 67290024.286079
TCM = 77995255.422500
TC = 145285279.708579
fx >> |
```

OVR

Gambar 5.2 Analisis sensitivitas C_3 dengan variasi sebesar -25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

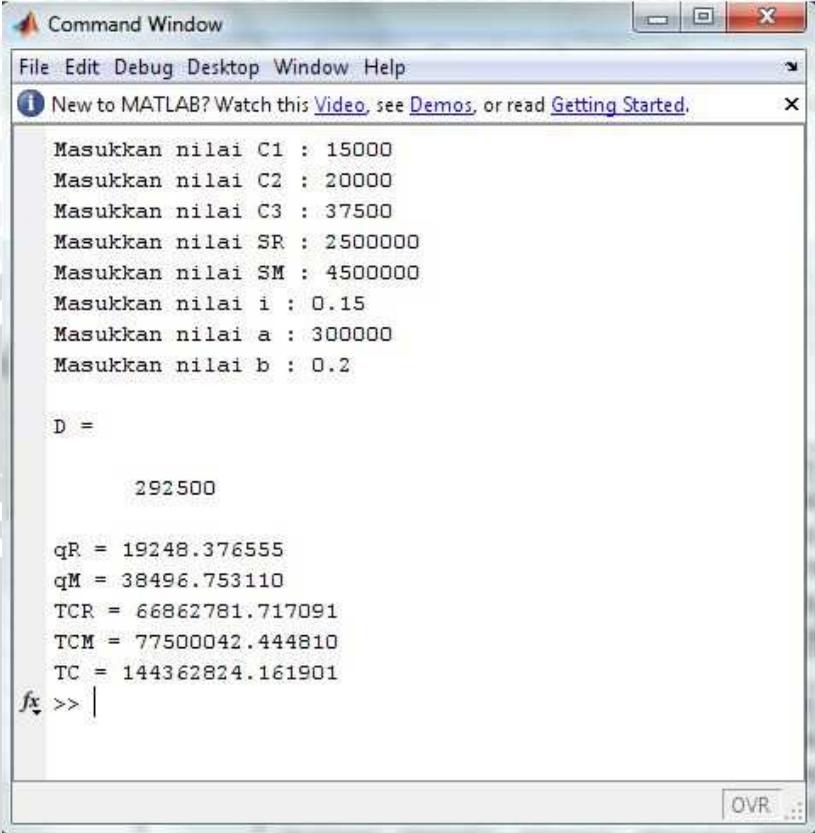
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 31250
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    293750

qR = 19289.461717
qM = 38578.923434
TCR = 67005498.596050
TCM = 77665464.281785
TC = 144670962.877835
fx >> |
OVR
```

Gambar 5.3 Analisis sensitivitas C_3 dengan variasi sebesar +25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The image shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 37500
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    292500

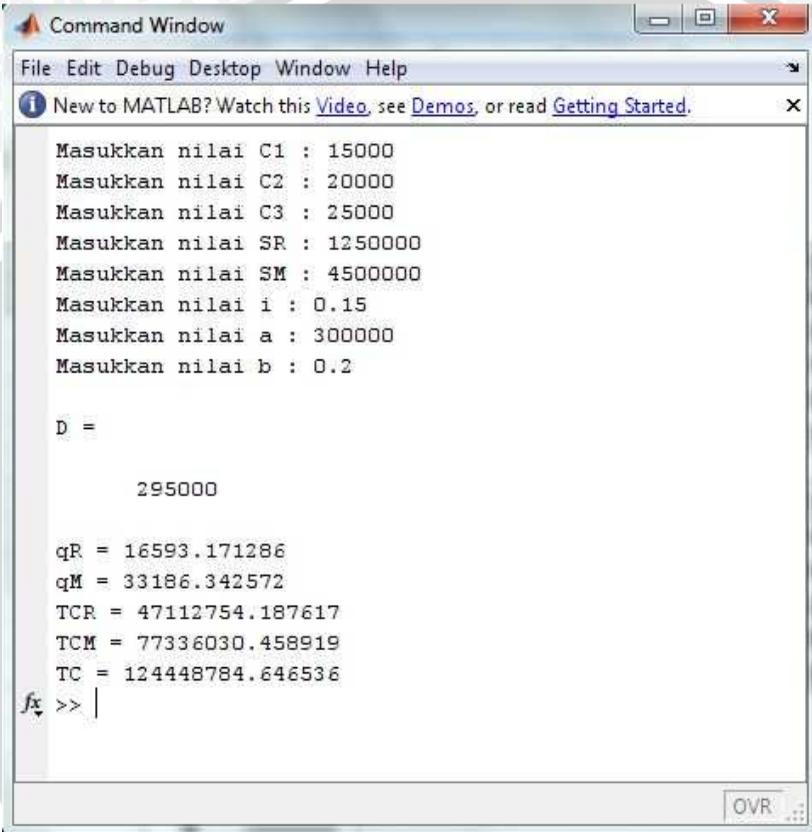
qR = 19248.376555
qM = 38496.753110
TCR = 66862781.717091
TCM = 77500042.444810
TC = 144362824.161901
fx >> |
```

OVR

Gambar 5.4 Analisis sensitivitas C_3 dengan variasi sebesar +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

Lampiran 6

Analisis sensitivitas S_R sebesar -50%, -25%, +25%, +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.

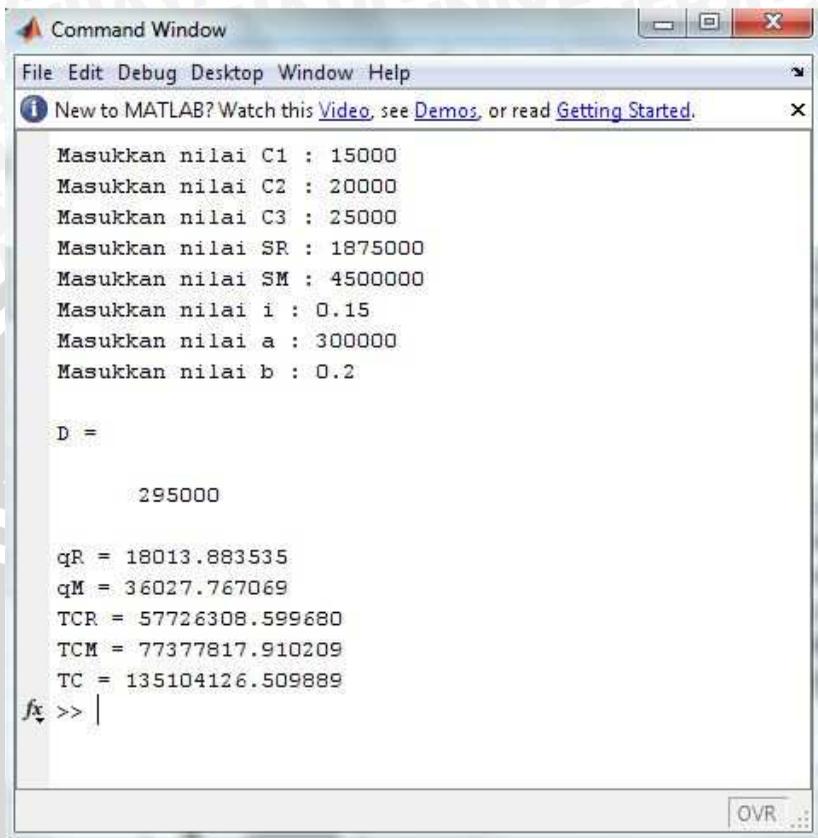
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 1250000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 16593.171286
qM = 33186.342572
TCR = 47112754.187617
TCM = 77336030.458919
TC = 124448784.646536
fx >> |
```

Gambar 6.1 Analisis sensitivitas S_R dengan variasi sebesar -50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The image shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 1875000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

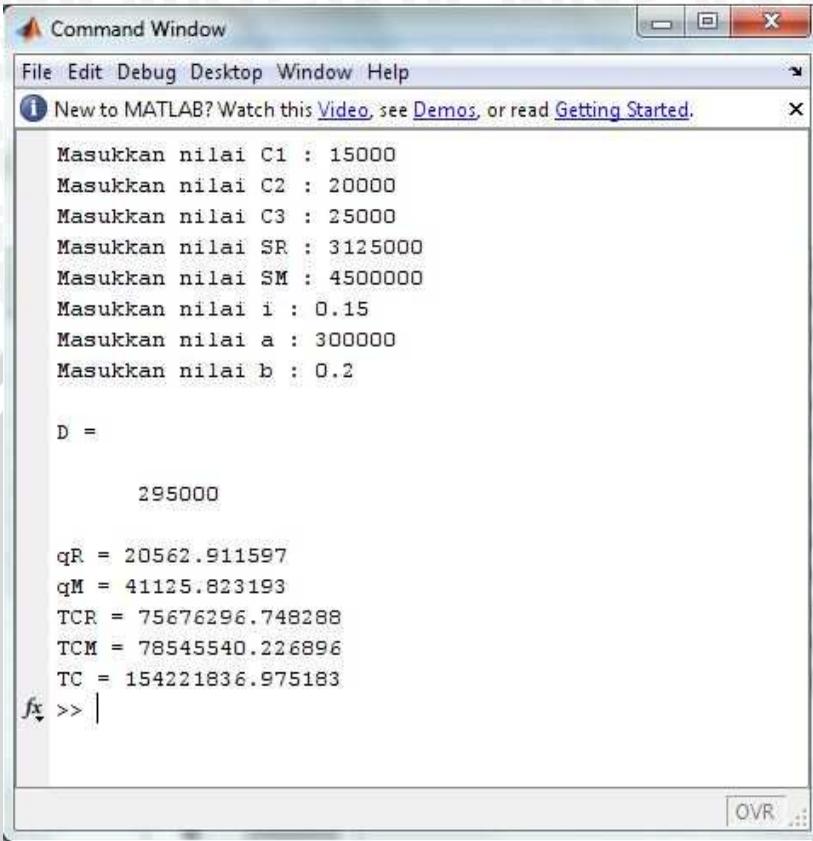
D =

    295000

qR = 18013.883535
qM = 36027.767069
TCR = 57726308.599680
TCM = 77377817.910209
TC = 135104126.509889
fx >> |
```

OVR

Gambar 6.2 Analisis sensitivitas S_R dengan variasi sebesar -25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The screenshot shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 3125000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

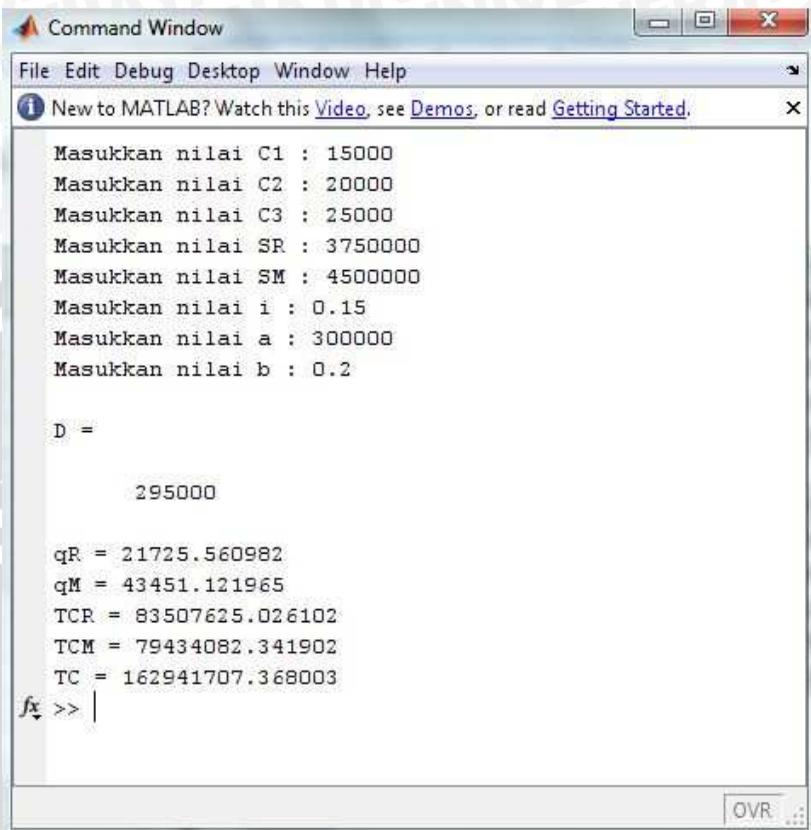
D =

    295000

qR = 20562.911597
qM = 41125.823193
TCR = 75676296.748288
TCM = 78545540.226896
TC = 154221836.975183
fx >> |
```

OVR

Gambar 6.3 Analisis sensitivitas S_R dengan variasi sebesar +25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



The screenshot shows a MATLAB Command Window with the following text:

```
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 3750000
Masukkan nilai SM : 4500000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

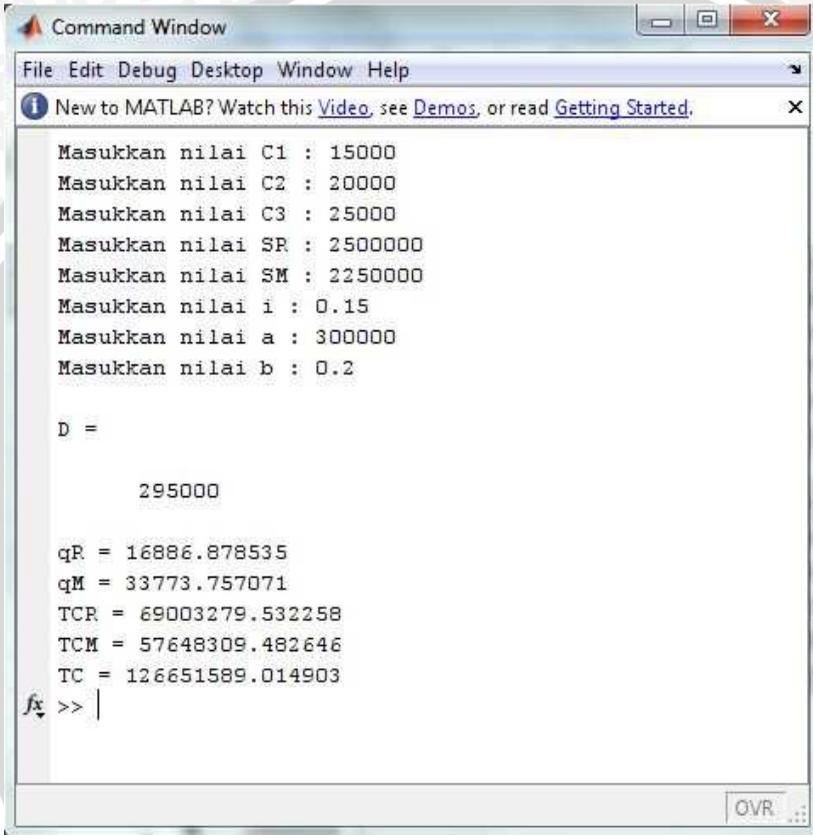
qR = 21725.560982
qM = 43451.121965
TCR = 83507625.026102
TCM = 79434082.341902
TC = 162941707.368003
fx >> |
```

OVR

Gambar 6.4 Analisis sensitivitas S_R dengan variasi sebesar +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

Lampiran 7

Analisis sensitivitas S_M sebesar -50%, -25%, +25%, +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 2250000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 3000000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 16886.878535
qM = 33773.757071
TCR = 69003279.532258
TCM = 57648309.482646
TC = 126651589.014903
fx >> |
```

Gambar 7.1 Analisis sensitivitas S_M dengan variasi sebesar -50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SP : 2500000
Masukkan nilai SM : 3375000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 18149.839301
qM = 36299.678603
TCR = 67858727.537326
TCM = 68265067.223178
TC = 136123794.760505
fx >> |
```

Gambar 7.2 Analisis sensitivitas S_M dengan variasi sebesar -25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

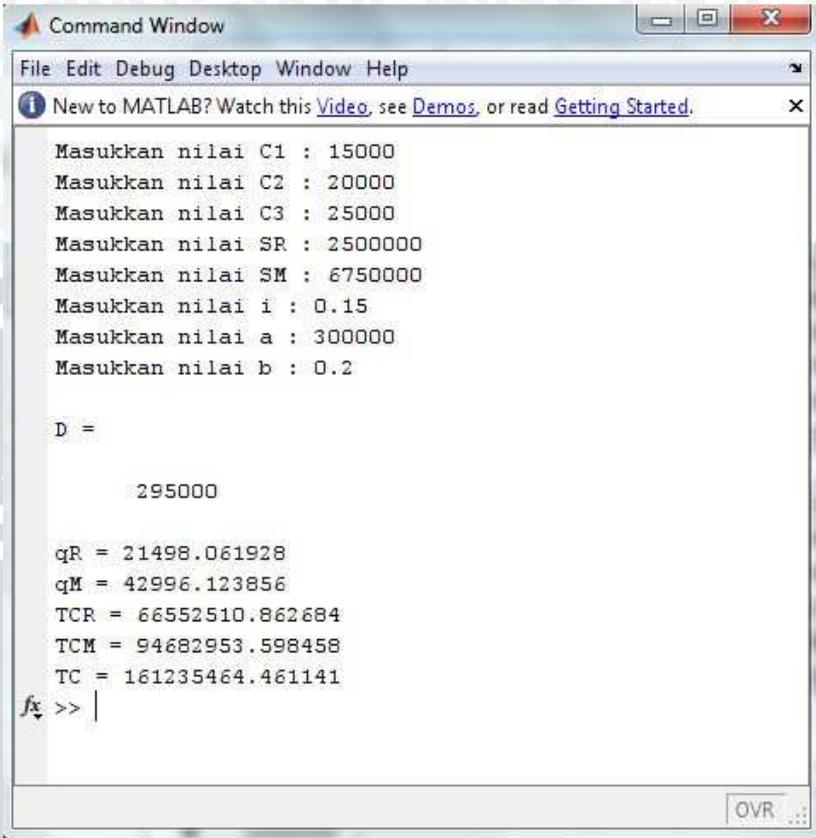
```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SP : 2500000
Masukkan nilai SM : 5625000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 20443.010215
qM = 40886.020431
TCR = 66740415.703195
TCM = 86582160.912253
TC = 153322576.615448
fx >> |
OVR
```

Gambar 7.3 Analisis sensitivitas S_M dengan variasi sebesar +25% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M



```
Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
Masukkan nilai C1 : 15000
Masukkan nilai C2 : 20000
Masukkan nilai C3 : 25000
Masukkan nilai SR : 2500000
Masukkan nilai SM : 6750000
Masukkan nilai i : 0.15
Masukkan nilai a : 300000
Masukkan nilai b : 0.2

D =

    295000

qR = 21498.061928
qM = 42996.123856
TCR = 66552510.862684
TCM = 94682953.598458
TC = 161235464.461141
fx >> |
OVR
```

Gambar 7.4 Analisis sensitivitas S_M dengan variasi sebesar +50% terhadap perubahan nilai TC_R , TC_M , TC , q_R dan q_M

Lampiran 8

Listing program Analisis Sensitivitas dengan menggunakan Matlab

```
Clc;
C1=input('Masukkan nilai C1 : ');
C2=input('Masukkan nilai C2 : ');
C3=input('Masukkan nilai C3 : ');
SR=input('Masukkan nilai SR : ');
SM=input('Masukkan nilai SM : ');
i=input('Masukkan nilai i : ');
a=input('Masukkan nilai a : ');
b=input('Masukkan nilai b : ');
D=a-(b*C3);
D
Qr=sqrt((2*D*(SR+SM/2))/(i*(C2+(2*C1))));
Qm=2*Qr;
tcr=((D/Qr)*SR)+((Qr/2)*C2*i);
tcm=((D/(n*Qr))*SM)+((n*Qr/2)*C1*i);
tc=sqrt((2*D*i)*(SR+(SM/2))*(C2+(2*C1)));

fprintf('qR = %f\n',Qr);
fprintf('qM = %f\n',Qm);
fprintf('TCR = %f\n',tcr);
fprintf('TCM = %f\n',tcm);
fprintf('TC = %f\n',tc);
```

46 47

di UD. NN Malang

46

47

di UD. NN Malang

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



77