



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - KS 141501

***SUPPLIER SELECTION USING RELAXED-NORMALIZED
GOAL PROGRAMMING METHOD TO OPTIMIZE
PRODUCT PROCUREMENT PROCESS (CASE STUDY:
GIANT EKSTRA DIPONEGORO SURABAYA)***

FADLY SYAHPUTRA
NRP 5212 100 101

SUPERVISOR:
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - KS 141501

PEMILIHAN *SUPPLIER* MENGGUNAKAN METODE *RELAXED-NORMALIZED GOAL PROGRAMMING* UNTUK MEMOPTIMALKAN PROSES PENGADAAN PRODUK (STUDI KASUS: GIANT EKSTRA DIPONEGORO SURABAYA)

**FADLY SYAHPUTRA
NRP 5212 100 101**

**Dosen Pembimbing :
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.**

**JURUSAN SISTEM INFORMASI
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMILIHAN *SUPPLIER* MENGGUNAKAN METODE *RELAXED-NORMALIZED GOAL PROGRAMMING* UNTUK MENGOPTIMALKAN PROSES PENGADAAN PRODUK (STUDI KASUS: GIANT EKSTRA DIPONEGORO SURABAYA)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

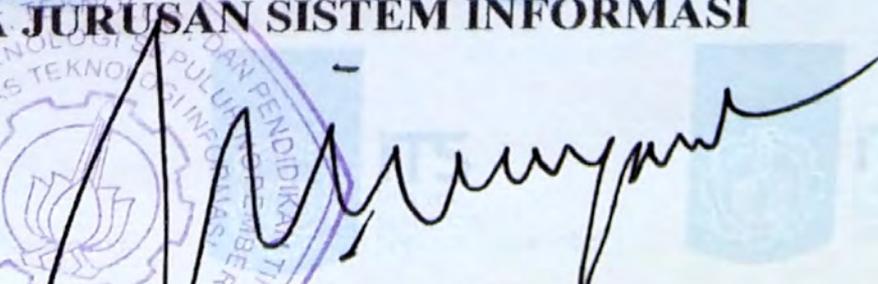
Oleh:

FADLY SYAHPUTRA

NRP. 5212 100 101

Surabaya, 22 Januari 2016

KETUA JURUSAN SISTEM INFORMASI



Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom
NIP.19650310 199102 1 001

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMILIHAN *SUPPLIER* MENGGUNAKAN METODE *RELAXED-NORMALIZED GOAL PROGRAMMING* UNTUK MENGOPTIMALKAN PROSES PENGADAAN PRODUK (STUDI KASUS: GIANT EKSTRA DIPONEGORO SURABAYA)

TUGAS AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada
Jurusan Sistem Informasi
Fakultas Teknologi Informasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

FADLY SYAHPUTRA

NRP. 5212 100 101

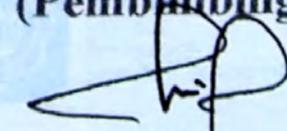
Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian : 14 Januari 2016
Periode Wisuda : Maret 2016

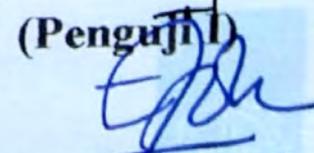
Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

Mahendrawati Erawan, S.T., M.Sc., Ph.D.

Irmasari Hafidz, S.Kom., M.Sc.


(Pembimbing I)


(Penguji I)


(Penguji II)

**SUPPLIER SELECTION USING RELAXED-
NORMALIZED GOAL PROGRAMMING METHOD TO
OPTIMIZE PRODUCT PROCUREMENT PROCESS
(CASE STUDY: GIANT EKSTRA DIPONEGORO
SURABAYA)**

Student Name : Fadly Syahputra
NRP : 5212 100 101
Department : Sistem Informasi FTIf-ITS
Supervisor 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

ABSTRACT

Supplier is one of the key business partner who has very important role to ensure the company production needs stock availability. A big company will be nothing if their supplier can't produce quality raw materials or maybe can't deliver the order on time. Therefore, company need to evaluate the supplier effectively. There are many criterias that can be considered in the supplier selection.

To solve the best supplier selection problem, researcher has implemented relaxed-normalized goal programming (R-NGP) approach, a development of weight goal programming (WGP) method, that is used to solve the supplier selection problem with more than one criteria, fitted to determined criterias and limitations. The criterias using in this undergraduate thesis are minimization price, rejects, and lead-time.

This undergraduate thesis delivers a list and order allocation of the selected supplier with acceptable consistency among the objectives, so that optimization result can be useful to Giant Ekstra Diponegoro Surabaya in the future.

Keywords: *Supplier selection, multicriteria problem, weighted goal programming, relaxed-normalized goal programming*

**PEMILIHAN *SUPPLIER* MENGGUNAKAN METODE
RELAXED-NORMALIZED GOAL PROGRAMMING UNTUK
MENGOPTIMALKAN PROSES PENGADAAN PRODUK
(STUDI KASUS: GIANT EKSTRA DIPONEGORO
SURABAYA)**

Nama Mahasiswa : Fadly Syahputra
NRP : 5212 100 101
Jurusan : Sistem Informasi FTIf-ITS
Pembimbing 1 : Wiwik Anggraeni, S.Si., M.Kom.

ABSTRAK

Supplier merupakan salah satu mitra bisnis yang memegang peranan sangat penting dalam menjamin ketersediaan barang pasokan yang dibutuhkan oleh perusahaan. Sebuah perusahaan yang sehat dan efisien tidak akan banyak berarti apabila supplier-supplier-nya tidak mampu menghasilkan bahan baku yang berkualitas atau tidak mampu memenuhi pengiriman tepat waktu. Oleh karena itu, perusahaan perlu menilai supplier secara cermat. Banyak kriteria yang dapat dipertimbangkan di dalam memilih supplier.

*Untuk menyelesaikan permasalahan dalam menentukan supplier terbaik, peneliti mengimplementasikan pendekatan *relaxed-normalized goal programming (R-NGP)*, yang dikembangkan dari metode *weighted goal programming (WGP)*, yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam*

melakukan pemilihan supplier dengan tujuan atau kriteria lebih dari satu, sesuai dengan kriteria dan batasan yang ditentukan. Kriteria yang digunakan pada tugas akhir ini adalah meminimalkan biaya pengadaan, jumlah barang cacat yang ditolak, dan jumlah barang yang datang terlambat.

Tugas akhir ini menghasilkan daftar dan alokasi order dari tiap supplier terpilih dengan tingkat konsistensi yang dapat diterima di antara semua fungsi tujuan sehingga hasil model optimasi ini dapat bermanfaat bagi Giant Ekstra Diponegoro Surabaya di masa mendatang.

Kata Kunci: *Pemilihan supplier, masalah multikriteria, weighted goal programming, relaxed-normalized goal programming*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah atas karunia, rahmat, barakah, dan jalan yang telah diberikan Allah SWT selama ini sehingga penulis mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

PEMILIHAN *SUPPLIER* MENGGUNAKAN METODE *RELAXED-NORMALIZED GOAL PROGRAMMING* UNTUK MENGOPTIMALKAN PROSES PENGADAAN PRODUK (STUDI KASUS: GIANT EKSTRA DIPONEGORO SURABAYA)

yang merupakan salah satu syarat kelulusan pada Jurusan Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terima kasih atas pihak-pihak yang telah mendukung, memberikan saran, motivasi, semangat, dan bantuan baik materi maupun spiritual demi tercapainya tujuan pembuatan tugas akhir ini. Secara khusus penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- 1) Kedua orang tua penulis yang telah merawat, membimbing, memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, dan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan S1 ini dengan baik.
- 2) Semua keluarga yang memberikan dukungan baik secara moril maupun materil demi tercapainya Tugas Akhir ini.
- 3) Ibu Wiwik Anggraeni, S.Si, M.Kom selaku dosen pembimbing yang memberikan ilmu, petunjuk, dan motivasi untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
- 4) Manajemen Giant Ekstra Diponegoro Surabaya yang telah memberi kesempatan dan khususnya Mbak Suci yang telah membantu mengumpulkan data dan informasi terkait keperluan Tugas Akhir ini.

- 5) Bapak Dr. Eng. Febriliyan Samopa, S.Kom., M.Kom. sebagai dosen wali penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Sistem Informasi.
- 6) Seluruh dosen pengajar beserta staf dan karyawan di Jurusan Sistem Informasi, FTIF ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bantuan kepada penulis selama ini.
- 7) Nella, Giga, Ulvi, Fifa, Luqman, Yogi, Yogha, Adam, Yozha, Rara, Indra, Fariz, Rifqi, Widi, Weldy yang telah memotivasi dan menghibur penulis selama kuliah terutama di saat pengerjaan tugas akhir ini.
- 8) Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Sistem Informasi FOXIS, BASILISK dan SOLA12IS atas semua bantuan ketika penulis kuliah di Sistem Informasi.
- 9) Serta semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yang belum mampu penulis sebutkan diatas.

Terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta doanya. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat hidayah serta membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Surabaya,

2016

Penulis

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Konsep konsistensi.....	16
Gambar 3.2: Metodologi penelitian	19
Gambar 3.3 : Alur implementasi model di kedua <i>tools</i>	22
Gambar 4.4 : Divisi Giant Ekstra Diponegoro Surabaya	25
Gambar 4.5 : Konsep normalisasi	36
Gambar 6.6 : Verifikasi model QM	57
Gambar 6.7 : Proses validasi dengan QM.....	63
Gambar 6.8 : Hasil percobaan validasi QM.....	63
Gambar 6.9 : Proses Skenario 1	68
Gambar 6.10 : Hasil Skenario 1	68
Gambar 6.11 : Proses Skenario 2	70
Gambar 6.12 : Hasil Skenario 2	70
Gambar 6.13 : Proses Skenario 3	72
Gambar 6.14 : Hasil Skenario 3	72
Gambar 6.15 : Proses Skenario 4	74
Gambar 6.16 : Hasil Skenario 4	75
Gambar 6.17 : Analisis sensitivitas <i>goal 1</i>	81
Gambar 6.18 : Analisis sensitivitas <i>goal 2</i>	82
Gambar 6.19 : Analisis sensitivitas <i>goal 3</i>	83

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 : Kriteria pemilihan supplier	26
Tabel 4.2 : Jumlah permintaan tiap store Giant.....	27
Tabel 4.3 : Data-data supplier	28
Tabel 6.4 : Lingkungan uji coba.....	55
Tabel 6.5 : Perangkat lunak yang digunakan	55
Tabel 6.6 : Verifikasi model Matlab	56
Tabel 6.7 : Data numerik studi kasus lain	59
Tabel 6.8 : Hasil studi kasus lain.....	60
Tabel 6.9 : Hasil percobaan validasi Matlab	60
Tabel 6.10 : Hasil percobaan validasi Matlab (2)	61
Tabel 6.11 : Perbandingan hasil validasi Matlab terhadap studi kasus lain.....	62
Tabel 6.12 : Hasil percobaan validasi QM (2)	64
Tabel 6.13 : Analisa hasil Matlab.....	65
Tabel 6.14 : Hasil program Matlab untuk studi kasus Giant..	66
Tabel 6.15 : Hasil Skenario 1 QM untuk studi kasus Giant...	69
Tabel 6.16 : Hasil Skenario 2 QM untuk studi kasus Giant...	71
Tabel 6.17 : Hasil Skenario 3 QM untuk studi kasus Giant...	73
Tabel 6.18 : Hasil Skenario 4 QM untuk studi kasus Giant...	75
Tabel 6.19 : Perbandingan hasil optimasi dengan prioritas sama.....	77
Tabel 6.20 : Pemilihan solusi alternatif.....	78
Tabel 6.21 : Perbandingan alokasi pesanan antara kedua solusi	79
Tabel 6.22 : Perbandingan antara semua analisis sensitivitas	83

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR AKRONIM.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
SEGMENT PROGRAM.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Relevansi.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2. Dasar Teori.....	9
2.2.1. <i>Supply Chain Management</i>	9
2.2.2. <i>Goal Programming</i>	12
2.2.3. <i>Behavior Pattern Test</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Identifikasi Masalah.....	20
3.2. Studi Literatur.....	20
3.3. Pengumpulan Data.....	20
3.4. Pembuatan Model dan Solusi.....	20
3.5. Validasi Model.....	23
3.6. Uji Coba Model.....	23
3.7. Analisa Hasil dan Penarikan Saran.....	23
3.8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir.....	23
BAB IV PERANCANGAN.....	25
4.1. Pengumpulan Data.....	25
4.1.1. Proses Bisnis.....	25
4.1.2. Data Masukan.....	27
4.1.3. Data Luaran.....	28

4.2.	Proses Pembuatan Model.....	28
4.2.1.	Pembentukan model umum.....	29
4.2.2.	Pembentukan model <i>Weighted Goal Programming</i>	31
4.2.3.	Pembentukan model <i>Relaxed-Normalized Goal Programming</i>	35
BAB V IMPLEMENTASI.....		41
5.1.	Penyelesaian Model dengan Matlab.....	41
5.1.1.	Memasukkan Data Awal.....	41
5.1.2.	Membuat Variabel Keputusan.....	43
5.1.3.	Memasukkan Data Inisialisasi Nilai Awal x_0 , lb, dan ub.....	44
5.1.4.	Memasukkan Batasan Fungsi Tujuan.....	45
5.1.5.	Memasukkan Batasan Normalisasi.....	47
5.1.6.	Memasukkan Batasan Jumlah Pesanan.....	48
5.1.7.	Memasukkan Batasan Variabel Deviasi.....	49
5.1.8.	Memasukkan Fungsi Tujuan.....	49
5.1.9.	Memasukkan Fungsi Optimasi.....	50
5.2.	Penyelesaian Model dengan QM.....	52
5.2.1.	Penyesuaian Model <i>Relaxed-Normalized Goal Programming</i>	52
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN.....		55
6.1.	Lingkungan Uji Coba.....	55
6.2.	Verifikasi Model.....	56
6.2.1.	Verifikasi Model di Matlab.....	56
6.2.2.	Verifikasi Model di QM.....	57
6.3.	Validasi Model.....	58
6.3.1.	Percobaan dengan Matlab.....	60
6.3.2.	Percobaan dengan QM.....	63
6.4.	Uji Coba Model.....	64
6.5.	Analisa Hasil.....	65
6.5.1.	Analisa Hasil Matlab.....	65
6.5.2.	Analisa Hasil QM.....	67
6.5.3.	Perbandingan Hasil Matlab dan QM.....	76
6.6.	Pemilihan Solusi Alternatif.....	77
6.7.	Analisis Sensitivitas.....	80
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN.....		85

7.1. Kesimpulan	85
7.2. Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	89
BIODATA PENULIS	93

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bagian pendahuluan ini, akan dijelaskan mengenai latar belakang, masalah yang akan diselesaikan, batasan masalah, tujuan serta manfaat yang dihasilkan dari Tugas Akhir ini.

1.1. Latar Belakang Masalah

Supplier merupakan salah satu mitra bisnis yang memegang peranan sangat penting dalam menjamin ketersediaan barang pasokan yang dibutuhkan oleh perusahaan. Sebuah perusahaan yang sehat dan efisien tidak akan banyak berarti apabila *supplier-supplier*-nya tidak mampu menghasilkan bahan baku yang berkualitas atau tidak mampu memenuhi pengiriman tepat waktu. Oleh karena itu, perusahaan perlu menilai *supplier* secara cermat [1].

Penilaian *supplier* membutuhkan berbagai kriteria guna menggambarkan performa dari *supplier* secara keseluruhan sehingga dapat membantu para *decision maker* dalam menentukan pilihan. G.W. Dickson (1966) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria yang digunakan dalam memilih *supplier* dengan mengirimkan kuesioner ke 273 agen dan manajer pengadaan di USA dan Kanada. Dickson mengidentifikasi ada 23 kriteria yang harus dipertimbangkan dalam melakukan pemilihan *supplier*, di antaranya adalah kualitas, pemenuhan pesanan, riwayat performa perusahaan, pemberian garansi, harga, dan lain-lain [2]. Namun, pada kenyataannya setiap perusahaan mungkin memiliki prioritas kriteria-kriteria yang berbeda di dalam strategi pembelian material dan komponen produksinya [3].

Terlebih lagi karena perusahaan memiliki kecenderungan memiliki lebih dari satu *supplier* untuk setiap bahan bakunya, misalnya untuk mengantisipasi kebutuhan bahan baku yang tidak menentu, sehingga keadaan ini membawa perusahaan pada permasalahan pemilihan alternatif *supplier*. *Supplier* yang dapat memberikan nilai efisiensi

terbaik dengan kriteria yang sesuai dengan permintaan perusahaan akan menjadi alternatif terbaik.

Pemilihan *supplier* yang tidak tepat akan dapat meningkatkan biaya produksi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa 70% dari biaya produksi dihasilkan dari pembelian material dan komponen produksi [4]. Mengacu pada alasan tersebut, *supplier* memainkan peranan sangat penting di dalam sebuah perusahaan. Ketika *supplier* dapat menyediakan perusahaan dengan harga yang rendah dan kualitas material yang baik pada waktu yang tepat, perusahaan juga dapat melakukan hal yang sama kepada pelanggannya [5].

Untuk alasan-alasan di atas, banyak pendekatan atau metode yang dapat dipakai untuk melakukan seleksi dan optimasi ketika *decision maker* dihadapkan pada banyak pilihan *supplier*. Salah satu metode yang biasa dipakai adalah *linear programming*. Namun, metode tersebut hanya dapat menjawab satu permasalahan saja (satu fungsi tujuan). Sedangkan realitanya, di sebagian besar perusahaan memiliki permasalahan dalam menentukan *supplier* karena harus mempertimbangkan lebih dari satu fungsi tujuan, sehingga hal ini tidak memungkinkan untuk menggunakan metode *linear programming*.

Banyak metode yang telah dikembangkan peneliti untuk menyelesaikan masalah dengan banyak tujuan. Metode-metode tersebut telah berhasil diimplementasikan di banyak sektor permasalahan [6]. Kumar et al. (2004) menerapkan *fuzzy mixed integer goal programming* [7] dan Amid et al. (2011) menerapkan *fuzzy multi-objective* [8] untuk menentukan *supplier* dengan tujuan biaya, kualitas, dan *delivery*. Ustun dan Demirtas (2008) menggabungkan metode *min-max goal programming* (MGP) dan *weighted goal programming* (WGP) untuk menyelesaikan masalah multi tujuan [9]. Nazari-Shirkouhi et al. (2013) mengembangkan *fuzzy goal programming* untuk menentukan *supplier* dengan fungsi tujuan lebih dari satu (*fuzzy multi-objective*) [10]. Dan

masih banyak lagi penelitian terkait penyelesaian masalah penentuan *supplier* dengan fungsi tujuan lebih dari satu.

Studi kasus di dalam penelitian ini adalah **Giant Ekstra Diponegoro Surabaya**. Giant adalah salah satu perusahaan *retail* terbesar di Indonesia. Giant menjual produk yang begitu banyak dan beragam. Untuk memberikan kepuasan kepada pelanggannya, Giant akan berusaha untuk selalu menyediakan produk yang terbaik dan termurah. Produk yang dijual di Giant Hypermarket mayoritas dipasok oleh *supplier/vendor* karena Giant sendiri bersifat perusahaan *retail*. Oleh karena itu, Giant memiliki begitu banyak *supplier* yang bersedia untuk memasok produknya setiap saat agar dapat dijual di Giant Hypermarket.

Ada tiga kategori produk Giant yang dipasok oleh *supplier*, yaitu *General Merchandising* (*plasticware*, baju, celana, dan sebagainya), *Grocery (Food & Non-Food)*, dan *Fresh* (roti, daging, *nugget*, buah, sayur-mayur, dan sebagainya). Untuk *supplier* kategori *General Merchandising* dan *Grocery* ditentukan oleh pihak pusat, sedangkan kategori *fresh* ditentukan oleh pihak regional. Divisi *Merchandising* (MD) Regional Surabaya bertanggung jawab dalam menentukan harga beli dan jual, *supplier*, kuantitas, dan sebagainya yang berhubungan dengan produk yang berada di kategori *fresh*.

Di dalam menentukan *supplier*, MD Regional Surabaya hanya mempertimbangkan faktor harga, kualitas, dan kuantitas. Untuk faktor harga, Giant akan memilih *supplier* termurah. Untuk faktor kualitas, Giant akan memilih *supplier* yang dapat memasok produk kategori *fresh* yang kualitasnya sesuai dengan standar Giant. Dan untuk faktor kuantitas, Giant akan memilih *supplier* yang dapat memasok produk ke seluruh Giant se-Jawa Timur. Ketiga faktor ini harus terpenuhi di dalam menentukan *supplier* produk kategori *fresh*.

Permasalahan disini adalah ketika ketiga faktor di atas terpenuhi, namun di saat proses pengiriman terjadi beberapa masalah, seperti keterlambatan atau ada beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar Giant. Contohnya adalah yang terjadi pada *supplier* buah mangga. Ketika *deal* sudah dilakukan, pihak *supplier* buah mangga harus mengirimkan produknya tepat waktu dengan kualitas yang sesuai dengan kontrak. Namun kenyataannya, masih sering terjadi keterlambatan pengiriman atau masih ada produk buah mangga yang ditolak karena kondisinya yang sudah tidak baik ketika sampai di *store* Giant. Akibat dari faktor keterlambatan atau banyaknya buah yang ditolak, Giant dapat kehilangan kesempatan dalam menghasilkan keuntungan yang lebih besar.

Untuk mengoptimalkan pemilihan *supplier*, peneliti mencoba memasukkan faktor ekspektasi dari jumlah produk yang mungkin akan ditolak dan ekspektasi dari jumlah produk yang mungkin akan datang terlambat di tiap *supplier* sehingga dapat memperkecil kemungkinan Giant mengalami kegagalan dalam meraup keuntungan yang lebih besar. Peneliti akan mengimplementasikan pendekatan *relaxed-normalized goal programming* (R-NGP). Metode yang dikembangkan oleh O. Jadidi et.al. (2014) ini adalah pengembangan dari *weighted goal programming* (WGP) yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam melakukan pemilihan *supplier* buah mangga dengan tujuan atau kriteria lebih dari satu, sesuai dengan kriteria dan batasan yang ditentukan [11].

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana menentukan *supplier* buah terbaik Giant Ekstra Diponegoro Surabaya dengan meminimalkan biaya pengadaan produk buah, jumlah buah yang ditolak, dan jumlah buah yang datang terlambat menggunakan metode *relaxed-normalized goal programming*?”

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

- a. Data yang digunakan adalah data *supplier* buah mangga yang dimiliki Giant Ekstra Diponegoro Surabaya
- b. Fungsi tujuan (kriteria) dalam menentukan *supplier* adalah meminimalkan biaya pengadaan produk buah, jumlah buah yang ditolak, dan jumlah buah yang datang terlambat
- c. Batasan modelnya adalah permintaan pembeli dan kapasitas *supplier*

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menerapkan metode *relaxed-normalized goal programming* (R-NGP) dalam menentukan *supplier* terbaik dari produk buah mangga yang dijual di Giant Ekstra Diponegoro Surabaya.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini diharapkan dapat memudahkan Giant Ekstra Diponegoro Surabaya dalam menentukan *supplier* yang paling menguntungkan sehingga dapat mengoptimalkan proses pengadaan produk.

1.6. Relevansi

Relevansi tugas akhir ini terhadap laboratorium Rekayasa Data dan Intelegensia Bisnis (RDIB) adalah merupakan penerapan dari beberapa mata kuliah dari laboratorium RDIB yaitu Manajemen Rantai Pasok, Riset Operasi, Riset Operasi Lanjut, dan Sistem Pendukung Keputusan.

Penelitian dengan topik optimasi pemilihan *supplier* juga sesuai dengan kondisi saat ini yang memerlukan suatu metode pemilihan yang jelas dalam menentukan *supplier* agar perusahaan dapat menjaga konsistensi kualitas dari produk/jasa yang dihasilkan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian tinjauan pustaka ini, akan dijelaskan mengenai referensi-referensi yang terkait dalam penyusunan tugas akhir ini.

2.1. Penelitian Sebelumnya

Berikut ini adalah daftar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang mendasari penelitian tugas akhir ini :

- 1) Penelitian O. Jadidi, S. Zolfaghari, dan S. Cavaliere (2014) mengenai “*A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation*”. Pada penelitian ini penulis membandingkan dua kasus di dalam pemilihan *supplier*. Kasus pertama adalah *decision maker* sudah menentukan tujuan (*goal*) yang pasti di dalam pemilihan *supplier* (*Crisp MOOP*). Metode *Weighted Goal Programming* biasa digunakan untuk menyelesaikan kasus pertama. Dan kasus kedua adalah *decision maker* sudah menentukan bobot dari setiap tujuan (*goal*) di dalam pemilihan *supplier* (*Fuzzy MOOP*). Metode *Min-Max Goal Programming* atau dikenal dengan *Fuzzy Goal Programming* biasa digunakan untuk menyelesaikan kasus kedua. Namun, kedua metode ini memiliki ketidakkonsistenan di dalam penerapannya. Sehingga, O. Jadidi et.al (2014) mengembangkan sebuah pendekatan baru yang diberi nama *normalized goal programming*. Metode ini adalah pengembangan dari metode *Weighted Goal Programming* yang sesuai untuk mengatasi ketidakkonsistenan dari kasus pertama dan kasus kedua [11].
- 2) Penelitian A. Amid, S.H. Ghodsypour, dan C. Obrien (2011) mengenai “*A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply*

chain". Pada penelitian ini penulis menggunakan model *fuzzy* dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) di dalam menyelesaikan masalah pemilihan *supplier*. Model *fuzzy* digunakan untuk menangani ketidakjelasan dan ketidakakuratan informasi dan AHP digunakan untuk memberi bobot dari setiap kriteria. Pada penelitian ini, AHP sangat membantu dalam men-*tangible* kan nilai-nilai yang *intangible* karena kriteria pemilihan *supplier* banyak yang bersifat *intangible* (keuntungan tidak berwujud yang tidak mungkin dihitung dalam satuan nilai uang) [8].

- 3) Penelitian Devendra Choudhary dan Ravi Shankar (2014) mengenai "*A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection, and carrier selection*". Pada penelitian ini penulis menerapkan model *multi-objective integer linear programming* (MOILP) dalam membuat keputusan mengenai masalah *inventory lot-sizing*, pemilihan *supplier*, dan pemilihan *carrier*. Peneliti menggunakan tiga jenis metode *goal programming* (GP) untuk menyelesaikan masalah optimisasi multi objektif (tujuan) : *preemptive GP*, *non-preemptive GP*, dan *weighted max-min fuzzy GP*. Fungsi tujuan di dalam penelitian ini adalah mengurangi biaya, keterlambatan produk, dan penolakan atas barang cacat [12].
- 4) Penelitian Manoj Kumar, Prem Vrat, dan R. Shankar (2004) mengenai "*A fuzzy goal programming approach for vendor selection problem in a supply chain*". Pada penelitian ini penulis mengembangkan metode *Fuzzy Goal Programming* untuk menyelesaikan masalah pemilihan *supplier* dengan banyak kriteria/tujuan di dalam lingkungan yang *fuzzy* atau tidak pasti. *Fuzzy integer goal programming vendor selection problem* (f-MIGP_VSP) sangat tepat untuk menangani ketidakjelasan dan ketidaktepatan pernyataan tujuan dalam pemilihan *supplier* [7].

2.2. Dasar Teori

2.2.1. *Supply Chain Management*

Supply chain adalah seperangkat pendekatan untuk mengefisienkan integrasi *supplier*, manufaktur, gudang, dan penyimpanan, sehingga barang diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, lokasi yang tepat, waktu yang tepat, untuk meminimasi biaya dan memberikan kepuasan layanan terhadap konsumen [13]. Tujuan yang ingin dicapai dari sebuah proses *supply chain* adalah untuk memaksimalkan nilai yang dihasilkan secara keseluruhan [14]. *Supply chain* yang terintegrasi dengan baik akan meningkatkan *value* yang dihasilkan oleh *supply chain* tersebut.

Perusahaan yang berada dalam *supply chain* pada intinya ingin memuaskan konsumen dengan bekerja sama membuat produk yang murah, mengirimkan tepat waktu namun tetap dalam kualitas yang bagus. Ukuran performansi *Supply Chain Management*, meliputi :

- Kualitas (tingkat kepuasan pelanggan, loyalitas pelanggan, ketepatan pengiriman)
- Waktu (total *replenishment time*, *business cycle time*)
- Biaya (total *delivered cost*, efisiensi nilai tambah)
- Fleksibilitas (jumlah dan spesifikasi)

Supply Chain Management juga bisa diartikan jaringan organisasi yang menyangkut hubungan ke hulu (*upstream*) dan ke hilir (*downstream*), dalam proses yang berbeda dan menghasilkan nilai dalam bentuk barang/jasa di tangan pelanggan terakhir (*ultimate customer/end user*) [15].

2.2.1.1. *Pemilihan supplier*

Secara umum, ada dua tipe dalam memilih *supplier*. Yang pertama, satu *supplier* dapat memenuhi semua kebutuhan perusahaan (*single sourcing*). Manajemen hanya perlu membuat satu keputusan; *supplier*

mana yang terbaik. Tipe kedua, dibutuhkan banyak *supplier* untuk memenuhi semua kebutuhan perusahaan (*multiple sourcing*) karena tidak ada *supplier* yang dapat menyanggupi seluruh kebutuhan perusahaan. Di dalam kasus tertentu, pihak perusahaan juga ingin memisahkan jumlah pesanan di antara banyak *supplier* untuk beberapa alasan tertentu, seperti harga, kuantitas, dan sebagainya. Di antara kedua tipe pemilihan *supplier* tersebut, banyak tantangan yang harus dihadapi *Decision Maker* (DM) dan banyak kriteria yang harus dipertimbangkan dalam memilih *supplier* yang paling tepat untuk perusahaan guna meningkatkan daya saing di pasaran [16].

Para DM harus berpikir objektif di dalam memilih *supplier*. Namun pada kenyataannya, pengambilan keputusan biasanya hanya bersifat intuitif atau subjektif [17] serta berdasarkan pengalaman saja. Tidak adanya prosedur atau metode pemilihan yang jelas dalam menentukan *supplier* dapat merusak konsistensi kualitas produk/jasa yang dihasilkan suatu perusahaan. Atau pemilihan *supplier* hanya berdasarkan kriteria-kriteria umum saja, seperti harga yang murah, biaya transportasi terjangkau, kuantitas tercukupi, *lead time*, dan sejenisnya. Padahal banyak kriteria lainnya yang dapat dipertimbangkan para DM untuk menentukan *supplier* terbaik, di antaranya adalah riwayat performa perusahaan, kebijakan garansi, fasilitas produksi, dan lain-lain.

2.2.1.2. Kriteria *supplier*

Penelitian mengenai pemilihan *supplier* telah dimulai sejak tahun 1960an. Zaman dahulu, pemilihan *supplier* biasanya hanya berdasarkan kriteria harga. Namun, semakin bergantungnya sebuah perusahaan terhadap keberadaan *supplier* meningkatkan perhatian dunia bisnis dalam menemukan kriteria yang tepat untuk dijadikan pertimbangan dalam memilih *supplier*. G.W. Dickson (1966) melakukan penelitian untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria yang digunakan dalam

memilih *supplier* dengan mengirimkan kuesioner ke 273 agen dan manajer pengadaan di USA dan Kanada. Dickson mengidentifikasi ada 23 kriteria yang harus dipertimbangkan dalam melakukan pemilihan *supplier*, di antaranya adalah kualitas, pemenuhan pesanan, riwayat performa perusahaan, pemberian garansi, harga, dan lain-lain [2]. Di bawah ini merupakan beberapa rangkuman dari Nikhil Chandra Shil (2009) yang merujuk kepada penelitian Dickson [18]:

- ***Product knowledge***
Pengetahuan akan produk merupakan faktor penting dalam menilai performa *supplier*.
- ***Quality of the vendors's product and services***
Kriteria wajib dalam menilai performa *supplier* adalah kualitas dari produk dan jasa yang mereka berikan. Pembeli selalu mempertimbangkan kualitas karena tekanan untuk menyediakan yang terbaik kepada pelanggan
- ***Being proactive in handling issues***
Pembeli menginginkan *supplier* yang dapat menyelesaikan masalah dengan secepat mungkin. Jika tidak, pembeli akan kehilangan kepercayaan dengan komitmen *supplier*.
- ***Completion timeliness***
Waktu yang dibutuhkan *supplier* dalam memenuhi pesanan pembeli merupakan kriteria penting dalam mengevaluasi performa dari *supplier*. Semakin kecil waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi pesanan (*lead time*), semakin baik performanya.
- ***Access to vendor***
Terkadang pembeli membutuhkan kemudahan akses dan informal dalam keadaan darurat untuk mengurangi *lead time*

➤ **Pricing**

Seperti halnya kualitas, harga merupakan kriteria umum yang sudah wajib menjadi pertimbangan di dalam menilai performa *supplier*

➤ **Experience of the vendor**

Pengalaman *supplier* di dalam bisnis, jumlah pesanan yang sudah ditangani, jumlah masalah yang telah diselesaikan, dan omset tahunan juga penting dalam menilai performa *supplier*.

2.2.2. Goal Programming

Merupakan salah satu metode yang digunakan dalam penyelesaian optimasi. Komponen dari metode *Goal Programming* sama halnya dengan metode optimasi lainnya yang terdiri dari variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan. Namun, yang membedakan *Goal Programming* dengan metode optimasi lainnya adalah bahwa *Goal Programming* merupakan metode yang mampu menyelesaikan permasalahan dengan multi tujuan.

➤ Fungsi Tujuan

Untuk penulisan matematis mengenai fungsi tujuan, dapat dituliskan formula sebagai berikut :

$$\text{maximize} = nX_1 + nX_2 + \dots + nX_n \quad (2.1)$$

$$\text{minimize} = nX_1 + nX_2 + \dots + nX_n \quad (2.2)$$

Perumusan *maximize* digunakan untuk tujuan yang fungsinya meningkatkan tujuan dan *minimize* untuk meminimalkan tujuan. Dimana :

n = nilai positif dari variabel

X_1, X_2, \dots, X_n = variabel yang digunakan untuk mencapai fungsi tujuan

➤ Batasan

Dalam penulisan, batasan merupakan variabel yang membatasi sebuah model dalam

mencapai tujuannya. Penulisan batasan seperti di bawah ini :

$$\text{batasan 1} = nX_1 + nX_2 + \dots + nX_n \geq p \quad (2.3)$$

$$\text{batasan 2} = nX_1 + nX_2 + \dots + nX_n \geq q \quad (2.4)$$

Dimana batasan 1 dan batasan 2 adalah variabel-variabel yang menjadi batasan dalam mencapai fungsi tujuan. Sedangkan p dan q adalah nilai konstanta yang menjadi pembatas pada masing-masing batasan.

Setelah didapatkan formula dalam metode *linear programming*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan variabel deviasi untuk dapat digunakan dalam metode *Goal Programming*. Dengan adanya variabel deviasi, maka akan dibuat fungsi tujuan baru dengan meminimalkan variabel deviasi yang sudah ditentukan. Berikut perumusan dari fungsi tujuan dengan meminimalkan variabel deviasi.

$$\text{minimize } Z = \sum_{i=1}^m w_i P_i (d_i^+ + d_i^-) \quad (2.5)$$

Dengan batasan :

$$\sum_{j=i}^n a_{ij} x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (2.6)$$

$$x_{ij}, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (2.7)$$

$$i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

$$P_1 > P_2 > \dots > P_n \quad (2.9)$$

Dimana :

P_i adalah level prioritas dari setiap tujuan yang relevan

w_i adalah konstanta dari non-negative pada pembobotan

d_i^- dan d_i^+ adalah variabel deviasi untuk setiap j pada tujuan b_i

x_{ij} adalah variabel keputusan

a_{ij} adalah variabel keputusan yang koefisien

2.2.2.1. *Weighted Goal Programming*

Weighted Goal Programming adalah metode penentuan tujuan yang didasarkan pada pembobotan dari semua tujuan yang ditentukan [19]. Di dalam mencapai tujuan terutama dengan multi tujuan perlu dilakukan pembobotan. Hal tersebut dikarenakan di setiap tujuan memiliki bobot kepentingan yang berbeda-beda. Berikut merupakan perumusan yang dapat dilakukan di dalam melakukan pembobotan :

$$Z = W_1G_1 + W_2G_2 + \dots + W_nG_n \quad (2.10)$$

Parameter W_n , dimana $n = 1, 2, 3, \dots, n$, merupakan penentuan nilai dari pembobotan yang akan diberikan pada tujuan. Tujuan yang paling penting mempunyai bobot yang paling besar. Sedangkan fungsi tujuan G_n , dimana $n = 1, 2, 3, \dots, n$, merupakan variabel yang akan diminimalkan nilainya.

2.2.2.2. *Relaxed-Normalized Goal Programming*

Normalized Goal Programming (NGP) adalah pengembangan dari metode *Weighted Goal Programming*. Dengan metode NGP, diharapkan hasil yang didapatkan dapat konsisten dengan yang diharapkan oleh *decision maker* (DM). Teknik ini mencoba untuk mengabaikan unit yang berbeda dari variabel deviasi yang diharapkan dengan

menghilangkan bias terhadap tujuan utama yang ingin dicapai (*opposite deviation*).

Sudah banyak peneliti yang menyadari bahwa *Goal Programming* harus dinormalisasi ketika akan digunakan untuk menjamin konsistensinya. Menurut mereka, hasil yang didapatkan dari GP harus sebisa mungkin konsisten dengan aspirasi dari para DM.

O. Jadidi, et al. (2014) meneliti pemilihan *supplier* dengan tujuan meminimalisasi harga, *defect rate*, dan keterlambatan produk menggunakan metode *Relaxed-NGP* (R-NGP). Mereka menormalisasi deviasi dari ketiga fungsi tujuan tersebut menggunakan,

$$\frac{[(f_k^* - f_k^+)y_2 + (f_k^- - f_k^*)y_1 + (d_k^- - d_k^+)]}{[(f_k^* - f_k^+)y_2 + (f_k^- - f_k^*)y_1]} = \lambda$$

dimana :

$y_1 = 0$ dan $y_2 = 1$ jika $\lambda > 1$

$y_1 = 1$ dan $y_2 = 0$ jika $\lambda < 1$

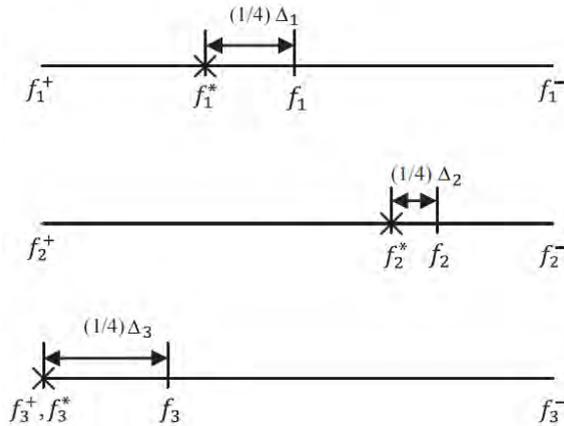
salah satu y_1 atau $y_2 = 1$ jika $\lambda = 1$

$k = 1,2,3$ ($\lambda \in [0,2]$)

Sebagai tambahan, $f_k^+ = \frac{\min f_k(X)}{X \in S} k$ disebut sebagai *positive ideal solution* (PIS) atau hasil terbaik dan $f_k^- = \frac{\max(X)}{X \in S} k$ disebut sebagai *negative ideal solution* (NIS) atau hasil terburuk dari tujuan minimisasi k^{th} , dimana S adalah *feasible set*.

- **Konsep konsistensi**

Konsep konsistensi yang dimaksud oleh O. Jadidi, et al. (2014) adalah semua hasil yang didapat harus proporsional atau sebanding, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.1.



$$\Delta_k = f_k^- - f_k^*, \quad k=1,2,3$$

Source : O.Jadidi, et al. (2014)

Gambar 2.1 : Konsep konsistensi

Sebagai contoh, asumsikan $f_1^+ = 50$, $f_1^- = 80$, $f_1^* = 60$, $f_2^+ = 300$, $f_2^- = 400$, $f_2^* = 370$, $f_3^+ = 150$, $f_3^- = 300$, dan $f_3^* = 150$. Kemudian, asumsikan juga hasil akhir yang didapat adalah $f_1 = 65$, $f_2 = 377,5$, dan $f_3 = 187,5$. Untuk melihat rasio semua fungsi tujuan, digunakanlah $(f_k - f_k^*) / (f_k^- - f_k^*)$. Hasilnya semua fungsi tujuan menunjukkan rasio yang sama yakni 0,25. Hasil akhir tersebut dapat dikatakan sebanding karena jarak antara hasil akhir yang didapat dengan *goal* untuk ketiganya adalah sama. Dengan begitu, dapat dikatakan bahwa hasil akhir yang didapat untuk semua fungsi tujuan adalah konsisten.

Untuk mengevaluasi konsistensi dari solusi yang didapatkan oleh R-NGP, digunakanlah rasio seperti berikut:

$$R_k^+ = \frac{y_1(f_k - f_k^*)}{f_k^- - f_k^*} \qquad R_k^- = \frac{y_2(f_k^* - f_k)}{f_k^* - f_k^+}$$

Nilai konsistensi didapat jika $\lambda < 1$, $R_1^+ = R_2^+ = R_3^+ > 0$ dan $R_k^- = 0$, $k = 1,2,3$. Untuk $\lambda > 1$, $R_1^- = R_2^- = R_3^- > 0$ dan $R_k^+ = 0$, $k = 1,2,3$. Untuk $\lambda = 1$, salah satu R_k^+ atau $R_k^- = 0$, bergantung dengan nilai y_1 dan f_2 . Jika rasio konsistensi dari ketiga fungsi tujuan memiliki nilai yang sama, maka hasilnya proporsional.

2.2.3. Behavior Pattern Test

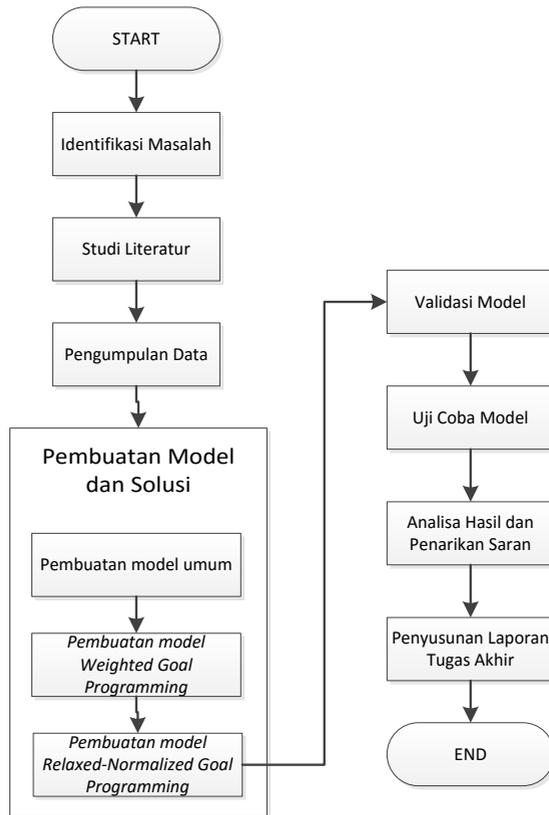
Banyak metode yang dikembangkan dalam menghitung validitas suatu hasil penelitian. Pada penelitian tugas akhir ini, validasi model dilakukan dengan metode *Behavior Pattern Test*. Tes ini dilakukan dengan membandingkan nilai standar deviasi antara hasil data dengan hasil model atau biasa disebut *Error Variance* (E2) [20]. Model dikatakan valid apabila nilai $E2 \leq 30\%$. Berikut adalah rumus menghitung nilai E2.

$$E2 = \frac{|Standar Deviasi Model - Standar Deviasi Data|}{Standar Deviasi Data} \quad (2.11)$$

Yang dimaksud dengan *model* pada (2.11) adalah hasil yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini dan untuk *data* adalah hasil yang didapatkan dari acuan validasi, baik yang dikeluarkan oleh perangkat lunak lain maupun dengan mencoba program penelitian dengan studi kasus lain yang sudah memiliki hasil valid.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang metodologi yang akan digunakan dalam penyusunan tugas akhir. Metodologi akan digunakan sebagai panduan dalam penyusunan tugas akhir agar terarah dan sistematis. Adapun urutan dari pengerjaan tugas akhir dapat dilihat pada Gambar 3.2 :



Gambar 3.2: Metodologi penelitian

3.1. Identifikasi Masalah

Tahapan ini merupakan tahapan awal penyusunan tugas akhir. Pada tahapan ini akan dilakukan analisis permasalahan yang akan dijadikan topik pengerjaan tugas akhir. Objek yang dipilih adalah Giant Ekstra Diponegoro Surabaya dengan permasalahan yang diangkat, yaitu optimasi dalam menentukan *supplier* buah mangga dari Giant Ekstra Diponegoro Surabaya.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur didapatkan dari pengumpulan referensi, di antaranya dari narasumber, buku, penelitian sebelumnya, dan dokumen yang terkait. Pada tahapan ini dilakukan berbagai kajian pustaka tentang konsep serta metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pada tugas akhir ini.

3.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini data-data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir akan dikumpulkan. Pada penelitian tugas akhir ini, peneliti mengumpulkan data yang didapat dari Giant Ekstra Diponegoro Surabaya. Data yang dikumpulkan adalah variabel keputusan (kriteria), jumlah permintaan, harga, rasio barang cacat, rasio keterlambatan produk, dan kapasitas dari tiap *supplier* buah mangga.

Selain itu, dilakukan wawancara kepada narasumber yang terkait sebagai informasi pendukung terlaksananya penelitian tugas akhir ini.

3.4. Pembuatan Model dan Solusi

Setelah mendapatkan data, tahapan selanjutnya adalah pembuatan model dan pencarian solusi terbaik. Setelah pembuatan model selesai dilakukan, solusi terbaik ditentukan dengan mengimplementasikan model *Relaxed-Normalized Goal Programming* (R-NGP) ke dalam program Matlab dan perangkat lunak QM. Dua *tools* ini digunakan untuk

membandingkan kinerja dari kedua *tools*. Adapun tahap pembuatan modelnya adalah seperti berikut ini :

1) Pembentukan model umum

Di dalam tahap ini, variabel-variabel yang didapatkan dari tahap pengumpulan data dibentuk ke dalam model umum, yakni model *linear programming*.

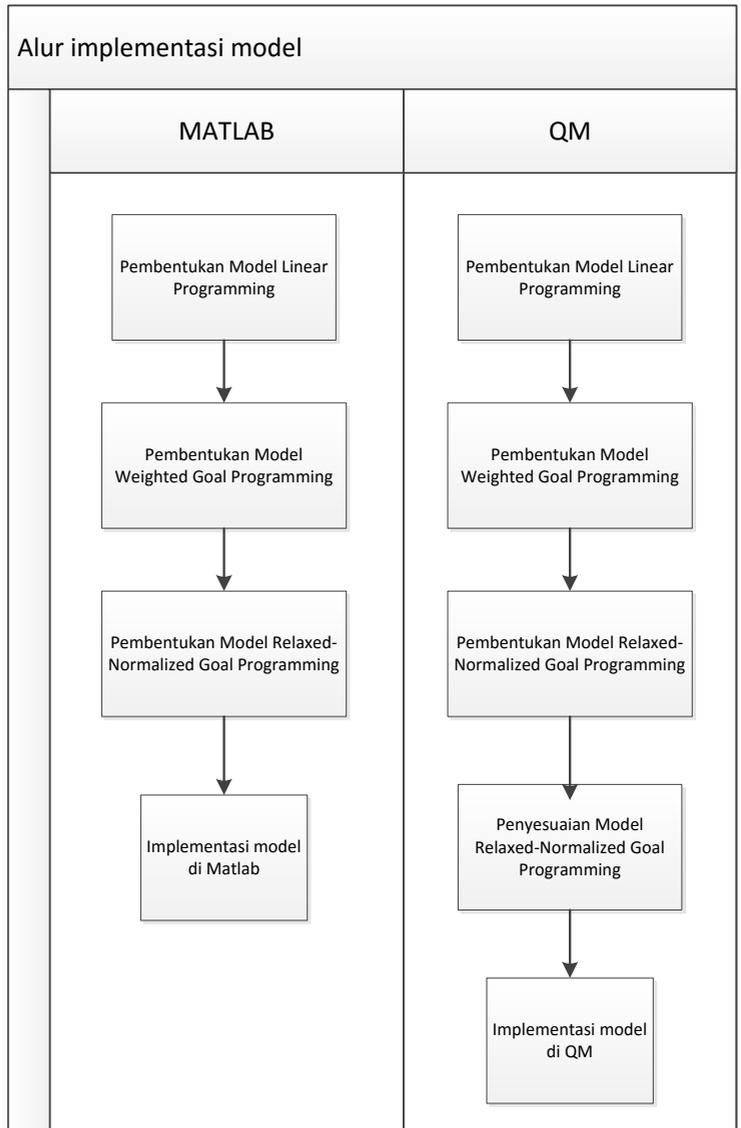
2) Pembuatan model *Weighted Goal Programming*

Setelah mendapatkan persamaan dalam bentuk *linear programming*, setiap fungsi tujuan dan batasan disesuaikan ke dalam bentuk *weighted goal programming*. Bobot pada penelitian tugas akhir ini dianggap sama untuk semua fungsi tujuan.

3) Pembuatan model *Relaxed-Normalized Goal Programming*

Pada tahap akhir, persamaan disesuaikan ke dalam bentuk *relaxed-normalized goal programming* dengan menormalisasi deviasi dari ketiga fungsi tujuan menggunakan persamaan yang ditemukan oleh O. Jadidi, et al. (2014) [11]. Setelah solusi didapatkan, nilainya akan dievaluasi untuk mengetahui tingkat konsistensi terhadap tingkat kepentingan yang diinginkan oleh pihak Giant.

Gambar 3.3 adalah gambar alur implementasi model pada kedua *tools* yang ingin dibandingkan. Pada implementasi model di QM, model *relaxed-normalized goal programming* harus disesuaikan terlebih dahulu karena perangkat lunak QM yang tidak dapat menerima adanya batasan pertidaksamaan linear yang memiliki variabel deviasi.



Gambar 3.3 : Alur implementasi model di kedua tools

3.5. Validasi Model

Pada tahapan ini akan dilakukan validasi dari model yang dihasilkan program Matlab dan QM dengan menggunakan contoh kasus lain yang didapat dari buku atau literatur lain.

3.6. Uji Coba Model

Pada tahapan ini akan dilakukan uji coba dari model yang sudah divalidasi dengan mengganti prioritas antar semua *goal* untuk mencari hasil yang paling optimal. Uji coba ini hanya dilakukan pada perangkat lunak QM.

3.7. Analisa Hasil dan Penarikan Saran

Pada tahapan ini, hasil model optimasi studi kasus Giant Diponegoro yang diperoleh dari program Matlab dan QM saling dibandingkan. Kemudian, dilakukan analisa dari semua hasil yang didapat. Setelah melakukan analisa hasil, maka dapat dihasilkan saran-saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya agar memberikan luaran yang jauh lebih baik.

3.8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Tahapan terakhir adalah penyusunan laporan tugas akhir sebagai bentuk dokumentasi atas terlaksananya penelitian tugas akhir ini. Seluruh proses pengerjaan yang dilakukan di dalam penelitian ini akan didokumentasikan di dalam sebuah buku dengan format mengikuti peraturan yang berlaku di Jurusan Sistem Informasi ITS.

BAB IV PERANCANGAN

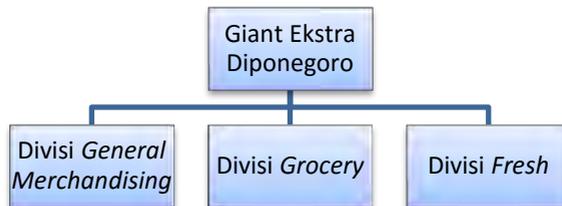
Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana rancangan dari penelitian tugas akhir yang meliputi subyek dan obyek dari penelitian, pemilihan subyek dan obyek penelitian dan bagaimana penelitian akan dilakukan.

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan hal mutlak yang harus dilakukan di dalam penelitian ini. Proses pengumpulan data *supplier* buah mangga Giant Ekstra Diponegoro Surabaya dilakukan dengan melakukan wawancara langsung terhadap beberapa orang yang mengerti dan terlibat di dalam proses pengadaan produk buah mangga tersebut. Selain untuk mengumpulkan data, wawancara ini juga dapat memberi gambaran mengenai seluruh proses dan kendala yang dihadapi selama pengadaan produk buah, mulai dari pencarian *supplier* sampai akhirnya terbentuk sebuah perjanjian (kontrak).

4.1.1. Proses Bisnis

Setelah melakukan wawancara, didapatkan gambaran bahwa Giant Ekstra Diponegoro Surabaya memiliki tiga kategori produk yang dipasok oleh *supplier*, yaitu *General Merchandising* (*plasticware*, baju, celana, dan sebagainya), *Grocery* (*Food & Non-Food*), dan *Fresh* (roti, daging, *nugget*, buah, sayur-mayur, dan sebagainya) seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 : Divisi Giant Ekstra Diponegoro Surabaya

Untuk *supplier* kategori *General Merchandising* dan *Grocery* ditentukan oleh pihak pusat, sedangkan kategori *fresh* ditentukan oleh pihak regional. Divisi *Merchandising* (MD) Regional Surabaya bertanggung jawab dalam menentukan harga beli dan jual, *supplier*, kuantitas, dan sebagainya yang berhubungan dengan produk yang berada di kategori *fresh*.

Di dalam menentukan *supplier*, MD Regional Surabaya hanya mempertimbangkan faktor harga, kualitas, dan kuantitas dengan tingkat prioritas seperti yang terpapar pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 : Kriteria pemilihan supplier

Kriteria	Prioritas
Kualitas	1
Harga	2
Kuantitas	3

Untuk faktor harga, Giant akan memilih *supplier* termurah. Untuk faktor kualitas, Giant akan memilih *supplier* yang dapat memasok produk kategori *fresh* yang kualitasnya sesuai dengan standar Giant. Dan untuk faktor kuantitas, Giant akan memilih *supplier* yang dapat memasok produk ke seluruh Giant se-Jawa Timur. Ketiga faktor ini harus terpenuhi di dalam menentukan *supplier* produk kategori *fresh*.

Kendala disini adalah ketika ketiga faktor di atas terpenuhi, namun di saat proses pengiriman terjadi beberapa masalah, seperti keterlambatan atau ada beberapa produk yang tidak sesuai dengan standar Giant. Contohnya adalah yang terjadi pada *supplier* buah mangga. Ketika *deal* sudah dilakukan, pihak *supplier* buah mangga harus mengirimkan

produknya tepat waktu dengan kualitas yang sesuai dengan kontrak. Namun kenyataannya, masih sering terjadi keterlambatan pengiriman atau masih ada produk buah mangga yang ditolak karena kondisinya yang sudah tidak baik ketika sampai di *store* Giant. Karena faktor keterlambatan atau banyaknya buah yang ditolak, Giant dapat kehilangan kesempatan dalam menghasilkan keuntungan yang lebih besar, terlebih di saat buah yang gagal diterima tersebut sedang berada di *peak season* (paling dicari oleh konsumen).

4.1.2. Data Masukan

Pada penelitian ini, objek penelitian dispesifikkan ke dalam **pemilihan *supplier* buah mangga harus manis**. Pihak MD Giant sudah membuat kebijakan bahwa *supplier* yang akan dipilih untuk dapat menjadi pemasok buah mangga harus manis harus memiliki harga jual di kisaran Rp 9.750/kg.

Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 menunjukkan data-data masukan yang diperlukan di dalam membuat model optimasi *Relaxed-Normalized Goal Programming* yang selanjutnya akan diolah menggunakan Matlab dan QM. Kedua *tools* ini digunakan untuk mencoba membandingkan kinerja dan hasil dari kedua *tools*.

Tabel 4.2 : Jumlah permintaan tiap store Giant

Store	Jumlah Permintaan (per minggu)
Giant Rajawali	150 kg
Giant Diponegoro	150 kg
Giant Rungkut	100 kg
Giant Manukan	100 kg
Giant Mulyosari	50 kg
Giant Arif Rahman	50 kg

Tabel 4.3 : Data-data supplier

<i>Supplier</i>	<i>Price (/kg)</i>	<i>Defect rate</i>	<i>Lead-time error</i>	<i>Capacity (kg)</i>
A	10.000	1%	0%	300
B	9.750	3%	5%	200
C	9.750	5%	10%	250
D	9.600	6%	15%	100
E	9.700	4%	10%	175
F	9.850	3%	5%	200

4.1.3. Data Luaran

Tugas akhir ini menghasilkan daftar dan alokasi order dari tiap supplier buah mangga terpilih dengan tingkat konsistensi yang baik di antara semua fungsi tujuan sehingga hasil model optimasi ini dapat bermanfaat bagi Giant Ekstra Diponegoro Surabaya. Yang dimaksud dengan tingkat konsistensi yang baik sudah dijelaskan pada sub subbab 2.2.2.2 mengenai *Relaxed-Normalized Goal Programming*.

4.2. Proses Pembuatan Model

Di dalam membuat model, dibutuhkan data masukan yang didapat dari proses wawancara kepada pihak Giant. Data masukan yang bersifat kuantitatif kemudian akan diformulasikan melalui beberapa tahap ke dalam bentuk *Relaxed-Normalized Goal Programming* (R-NGP). Setelah diformulasikan, data tersebut akan diproses menggunakan aplikasi Matlab dan QM untuk dicari hasil mana yang paling optimal. Model untuk kasus ini meliputi :

a. Fungsi Tujuan

- Meminimalkan biaya pengadaan produk buah (f_1)
- Meminimalkan produk cacat (f_2)
- Meminimalkan keterlambatan produk datang (f_3)

b. Variabel Keputusan

- Jumlah pesanan buah ke *supplier i* (x_i)

c. Batasan

- Jumlah permintaan dari Giant Ekstra Diponegoro Surabaya (D)
- Kapasitas tiap *supplier* (V_i)

d. Keterangan

- Harga buah/kg dari *supplier i* (C_i)
- Ekspektasi rasio cacat barang dari *supplier i* (q_i)
- Ekspektasi keterlambatan produk datang dari *supplier i* (F_i)

Setelah itu, solusi model ditentukan dengan menggunakan metode R-NGP. Adapun tahap pembuatan modelnya adalah seperti berikut ini :

4.2.1. Pembentukan model umum

Di dalam tahap ini, variabel-variabel keputusan dibentuk ke dalam model umum, yakni model *linear programming*. Di dalam model *linear programming*, fungsi tujuan dan batasan harus ditentukan seperti di bawah ini:

a. Fungsi Tujuan

- **Goal 1 : Meminimalkan biaya pengadaan produk buah mangga**

$$\min f_1 = \sum_{i=1}^n C_i x_i$$

- **Goal 2 : Meminimalkan produk cacat**

$$\min f_2 = \sum_{i=1}^n q_i x_i$$

- **Goal 3 : Meminimalkan keterlambatan produk datang**

$$\min f_3 = \sum_{i=1}^n F_i x_i$$

Bila diimplementasikan ke dalam studi kasus Giant, maka fungsi tujuannya adalah seperti berikut:

- **Goal 1 : Meminimalkan biaya pengadaan produk buah mangga**

$$\begin{aligned} \text{➤ } \min f_1 = & 10000x_1 + 9750x_2 + 9750x_3 + \\ & 9600x_4 + 9700x_5 + 9850x_6 \end{aligned}$$

- **Goal 2 : Meminimalkan produk cacat**

$$\begin{aligned} \text{➤ } \min f_2 = & 0.01x_1 + 0.03x_2 + 0.05x_3 + \\ & 0.06x_4 + 0.04x_5 + 0.03x_6 \end{aligned}$$

- **Goal 3 : Meminimalkan keterlambatan produk datang**

$$\begin{aligned} \text{➤ } \min f_3 = & 0x_1 + 0.05x_2 + 0.1x_3 + 0.15x_4 + \\ & 0.1x_5 + 0.05x_6 \end{aligned}$$

b. Batasan

- **Batasan 1** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier* i harus sama dengan jumlah permintaan Giant

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

- **Batasan 2** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier* i harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

$$x_i \leq V_i ; i = 1, 2, \dots, n$$

- **Batasan 3** : Jumlah buah yang dipesan ke *supplier i* harus lebih dari atau sama dengan nol

$$x_i \geq 0 ; i = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan :

n = jumlah supplier buah

Bila diimplementasikan ke dalam studi kasus Giant, maka batasannya adalah seperti berikut:

Batasan 1 : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus sama dengan jumlah permintaan Giant

$$\text{➤ } x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 600$$

Batasan 2 : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

$$\text{➤ } x_1 \leq 300$$

$$\text{➤ } x_2 \leq 200$$

$$\text{➤ } x_3 \leq 250$$

$$\text{➤ } x_4 \leq 100$$

$$\text{➤ } x_5 \leq 175$$

$$\text{➤ } x_6 \leq 200$$

Batasan 3 : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus lebih dari atau sama dengan nol

$$\text{➤ } x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

4.2.2. Pembentukan model *Weighted Goal Programming*

Setelah mendapatkan persamaan dalam bentuk *linear programming* (LP), setiap fungsi tujuan dan batasan disesuaikan ke dalam bentuk *weighted goal programming*. Semua fungsi tujuan pada model *linear programming* akan menjadi batasan dengan penambahan variabel deviasi dan

harus ditambahkan dengan target yang ingin dicapai (f_k^*). Sedangkan bobot (W_k) pada penelitian tugas akhir ini dianggap sama, yakni 1 untuk semua fungsi tujuan.

Untuk *Goal 1*, ditambahkan target harga yang ingin dicapai. Target tersebut merupakan batas maksimal biaya pengadaan produk buah. Target tersebut diperoleh dari harga jual kisaran buah mangga harum manis per kg (Rp 9.750/kg) dikalikan dengan jumlah permintaan buah mangga harum manis oleh Giant Diponegoro. Untuk *Goal 2* ditambahkan target jumlah buah cacat yang ingin dicapai (5%) dan *Goal 3* ditambahkan target jumlah buah yang datang terlambat (10%).

Sedangkan fungsi tujuan yang baru hanya terdiri dari variabel deviasi. Ada beberapa ketentuan dalam *goal programming* untuk menentukan fungsi tujuan yang baru, yaitu :

1. Jika fungsi tujuan awal yang ditambahkan variabel deviasi adalah $f_k \geq 0$, maka fungsi tujuan yang baru adalah meminimalkan d_k^- .
2. Begitu pula sebaliknya, jika fungsi tujuan awal yang ditambahkan variabel deviasi adalah $f_k \leq 0$, maka fungsi tujuan yang baru adalah meminimalkan d_k^+ .

Berdasarkan ketentuan di atas, maka fungsi tujuan dan batasan *Weighted Goal Programming* menjadi seperti berikut:

a. Fungsi Tujuan

Di bawah ini adalah fungsi tujuan umum *weighted goal programming* :

$$\min \sum_{k=1}^3 W_k (d_k^+ + d_k^-)$$

Bila diimplementasikan ke dalam studi kasus Giant, maka fungsi tujuannya menjadi seperti berikut:

Goal baru :

$$\text{➤ } \min \sum \text{deviasi} = W_k d_k^- + W_k d_k^+ + W_k d_k^+$$

b. Batasan

- **Batasan 1** : Fungsi tujuan LP yang menjadi batasan

$$f_k + d_k^- - d_k^+ = f_k^* ; k = 1,2,3$$

- **Batasan 2** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus sama dengan jumlah permintaan Giant

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

- **Batasan 3** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

$$x_i \leq V_i ; i = 1,2, \dots, n$$

- **Batasan tambahan** : Batasan dari deviasi dan jumlah yang dipesan ke *supplier i*

$$d_k^+ d_k^- = 0$$

$$d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1,2,3$$

$$x_i \geq 0 ; i = 1,2, \dots, n$$

Keterangan :

n = jumlah supplier buah mangga

Bila diimplementasikan ke dalam studi kasus Giant, maka fungsi batasannya menjadi seperti berikut:

Batasan 1 : Fungsi tujuan LP yang menjadi batasan

- $10000x_1 + 9750x_2 + 9750x_3 + 9600x_4 + 9700x_5 + 9850x_6 + d_k^- - d_k^+ = 5.850.000$
- $0.01x_1 + 0.03x_2 + 0.05x_3 + 0.06x_4 + 0.04x_5 + 0.03x_6 + d_k^- - d_k^+ = 30$
- $0x_1 + 0.05x_2 + 0.1x_3 + 0.15x_4 + 0.1x_5 + 0.05x_6 + d_k^- - d_k^+ = 60$

Batasan 2 : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus sama dengan jumlah permintaan Giant

- $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 600$

Batasan 3 : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

- $x_1 \leq 300$
- $x_2 \leq 200$
- $x_3 \leq 250$
- $x_4 \leq 100$
- $x_5 \leq 175$
- $x_6 \leq 200$

Batasan tambahan : Batasan dari deviasi dan jumlah yang dipesan ke *supplier i*

- $d_k^+ d_k^- = 0$
- $d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1,2,3$
- $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$

4.2.3. Pembentukan model *Relaxed-Normalized Goal Programming*

Pada tahap akhir, kasus Giant akan disesuaikan ke dalam bentuk model *relaxed-normalized goal programming* (R-NGP) dengan menormalisasi deviasi dari ketiga fungsi tujuan. Model tersebut ditemukan oleh O. Jadidi, et al. (2014) [11]. Setelah solusi didapatkan, nilainya akan dievaluasi untuk mengetahui tingkat konsistensi terhadap target yang ingin dicapai oleh pihak Giant.

Fungsi tujuan pada model R-NGP adalah memaksimalkan nilai λ . Sedangkan Batasan 1 *weighted goal programming* akan diubah menjadi pertidaksamaan linear. Kemudian, akan ada penambahan batasan baru yang diakibatkan oleh batasan normalisasi deviasi dari ketiga fungsi tujuan *linear goal programming*. Berikut adalah batasan normalisasi umum :

$$\frac{[(f_k^* - f_k^+)y_2 + (f_k^- - f_k^*)y_1 + (d_k^- - d_k^+)]}{[(f_k^* - f_k^+)y_2 + (f_k^- - f_k^*)y_1]} = \lambda$$

dimana :

$y_1 = 0$ dan $y_2 = 1$ jika $\lambda > 1$

$y_1 = 1$ dan $y_2 = 0$ jika $\lambda < 1$

salah satu y_1 atau $y_2 = 1$ jika $\lambda = 1$

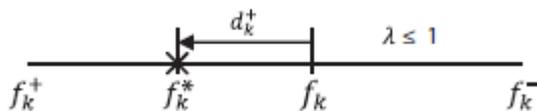
$k = 1,2,3$ ($\lambda \in [0,2]$)

Sebagai tambahan, $f_k^+ = \frac{\min f_k(X)}{X \in S}$ k disebut sebagai *positive ideal solution* (PIS) atau hasil terbaik yang mungkin dicapai dari *goal* dan $f_k^- = \frac{\max(X)}{X \in S}$ k disebut sebagai *negative ideal solution* (NIS) atau hasil terburuk yang mungkin dicapai dari *goal*. Sedangkan S adalah *feasible set*.

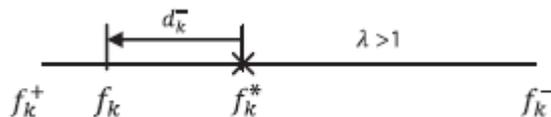
O. Jadidi, et al. (2014) menjelaskan pada *paper* penelitiannya bahwa jika $\lambda = 1$, maka semua hasil akhir fungsi tujuan akan sama dengan target yang ingin dicapai.

Jika $\lambda < 1$, maka semua hasil akhir fungsi tujuan akan berada di titik antara target yang ingin dicapai dan nilai NIS.

Jika $\lambda > 1$, maka semua hasil akhir fungsi tujuan akan berada di antara target yang ingin dicapai dan nilai PIS. Gambar 4.5 menjelaskan ilustrasi dari konsep normalisasi yang diajukan oleh O.Jadidi, et al. (2014).



Untuk $\lambda < 1$, jika λ bertambah, d_k^+ berkurang dan hasil akhir akan mendekati target yang ingin dicapai.



Untuk $\lambda > 1$, jika λ bertambah, d_k^- bertambah dan hasil akhir akan mendekati nilai PIS.

Source : O.Jadidi, et al. (2014)

Gambar 4.5 : Konsep normalisasi

Untuk kasus dengan tujuan untuk meminimalkan hasil akhir, dengan mempertimbangkan alasan Giant akan lebih fokus untuk meminimalkan nilai deviasi positif (d_k^+) dan memaksimalkan nilai deviasi negatif (d_k^-) guna mencapai nilai PIS masing-masing fungsi tujuan, maka penelitian ini hanya akan fokus menggunakan *case* $\lambda > 1$, sehingga batasan normalisasi akan diubah menjadi berikut :

$$\frac{[(f_k^* - f_k^+)y_2 + (d_k^- - d_k^+)]}{[(f_k^* - f_k^+)y_2]} = \lambda$$

Persamaan batasan di atas juga sama dengan persamaan berikut ini :

$$f_k = f_k^* - (\lambda(f_k^* - f_k^+) - (f_k^* - f_k^+))$$

Untuk mengevaluasi konsistensi dari solusi yang didapatkan oleh NGP, digunakanlah rasio seperti berikut:

$$R_k^+ = \frac{y_1(f_k - f_k^*)}{f_k^- - f_k^*} \qquad R_k^- = \frac{y_2(f_k^* - f_k)}{f_k^* - f_k^+}$$

Untuk $\lambda > 1$, nilai konsistensi didapat jika $R_1^- = R_2^- = R_3^- > 0$ dan $R_k^+ = 0$, $k = 1,2,3$. Jika rasio konsistensi dari ketiga fungsi tujuan memiliki nilai yang sama, maka hasilnya proporsional (sebanding).

Berdasarkan pernyataan di atas, maka fungsi tujuan dan batasan R-NGP menjadi seperti berikut :

a. Fungsi Tujuan

Di bawah ini adalah fungsi tujuan R-NGP :

$$\mathbf{max} \lambda$$

b. Batasan

- **Batasan 1** : Pertidaksamaan linear dari Batasan 1 *weighted goal programming*

$$f_k + d_k^- - d_k^+ \leq f_k^*; k = 1,2,3$$

- **Batasan 2** : Batasan normalisasi

$$f_k = f_k^* - (\lambda(f_k^* - f_k^+) - (f_k^* - f_k^+)); k = 1,2,3$$

dimana :

f_k^+ = *positive ideal solution* (PIS) atau hasil terbaik yang mungkin dicapai dari *goal/fungsi tujuan*

- **Batasan 3** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier* i harus sama dengan jumlah permintaan Giant

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

- **Batasan 4** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier* i harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

$$x_i \leq V_i ; i = 1, 2, \dots, n$$

- **Batasan tambahan** : Batasan dari deviasi dan jumlah yang dipesan ke *supplier* i

$$d_k^+ d_k^- = 0$$

$$d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1, 2, 3$$

$$x_i \geq 0 ; i = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan :

n = jumlah supplier buah

Bila diimplementasikan ke dalam studi kasus Giant, maka batasannya menjadi seperti berikut:

Batasan 1 :

- $10000x_1 + 9750x_2 + 9750x_3 + 9600x_4 + 9700x_5 + 9850x_6 + d_k^- - d_k^+ \leq 5.850.000$
- $0.01x_1 + 0.03x_2 + 0.05x_3 + 0.06x_4 + 0.04x_5 + 0.03x_6 + d_k^- - d_k^+ \leq 30$

$$\begin{aligned} &\triangleright 0x_1 + 0.05x_2 + 0.1x_3 + 0.15x_4 + 0.1x_5 + \\ &\quad 0.05x_6 + d_k^- - d_k^+ \leq 60 \end{aligned}$$

Batasan 2 :

Untuk nilai PIS masing-masing fungsi tujuan adalah : 5.790.000; 10; 30.

$$\begin{aligned} &\triangleright 10000x_1 + 9750x_2 + 9750x_3 + 9600x_4 + \\ &\quad 9700x_5 + 9850x_6 + d_k^- - d_k^+ = 5.790.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\triangleright 0.01x_1 + 0.03x_2 + 0.05x_3 + 0.06x_4 + 0.04x_5 + \\ &\quad 0.03x_6 + d_k^- - d_k^+ = 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\triangleright 0x_1 + 0.05x_2 + 0.1x_3 + 0.15x_4 + 0.1x_5 + \\ &\quad 0.05x_6 + d_k^- - d_k^+ = 30 \end{aligned}$$

Batasan 3 :

$$\triangleright x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 600$$

Batasan 4 :

$$\triangleright x_1 \leq 300$$

$$\triangleright x_4 \leq 100$$

$$\triangleright x_2 \leq 200$$

$$\triangleright x_5 \leq 175$$

$$\triangleright x_3 \leq 250$$

$$\triangleright x_6 \leq 200$$

Batasan tambahan :

$$\triangleright d_k^+ d_k^- = 0$$

$$\triangleright d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1, 2, 3$$

$$\triangleright x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \geq 0$$

BAB V IMPLEMENTASI

Pada bab ini berisi tentang proses implementasi dalam mencari hasil yang paling optimal dari studi kasus penelitian ini dengan menggunakan *tool* Matlab dan QM.

5.1. Penyelesaian Model dengan Matlab

Setelah model R-NGP selesai dirancang, tahap selanjutnya adalah mengimplementasi model tersebut ke dalam program komputer. Matlab adalah salah satu perangkat lunak yang dapat menyelesaikan permasalahan multitujuan seperti yang ada pada penelitian ini. Matlab yang akan digunakan adalah Matlab 7.8.

Dalam program ini akan ada tiga *file*, yaitu *file utama.m*, *fungsitujuan.m*, dan *batasan.m*. *File utama.m* merupakan *file* yang mengintegrasikan semua *file*, meliputi inialisasi data, membuat variabel keputusan, batas atas, batas bawah, batasan, dan mengeksekusi optimasi *relaxed-normalized goal programming*. *File fungsitujuan.m* merupakan *file* yang berisi fungsi tujuan *goal programming*. Sedangkan *file batasan.m* berisi batasan variabel deviasi yang merupakan persamaan non linear. Penyelesaian model penelitian ini akan menggunakan fungsi *fmincon* yang dimiliki oleh Matlab.

5.1.1. Memasukkan Data Awal

Pada tahap input data, proses ini terletak pada *file utama.m*. Data-data yang akan dimasukkan adalah sebagai berikut :

1. Jumlah *supplier*

Jumlah *supplier* adalah jumlah *supplier* yang dapat memasok buah mangga harum manis ke Giant Diponegoro. Data ini bersifat integer. Jumlah *supplier* yang dapat memasok buah mangga terdapat 6 *supplier*.

2. Jumlah permintaan total

Jumlah permintaan total adalah jumlah total buah mangga harum manis yang ingin dipesan oleh Giant Diponegoro. Total buah yang ingin dipesan adalah sebanyak 600 kg. Data ini bersifat float.

3. Target tiap goal yang ingin dicapai

Target tiap *goal* terdiri dari target *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3* yang berasal dari fungsi tujuan *linear programming*. Data-data ini bersifat float.

4. Kemungkinan nilai terbaik (PIS) dari tiap goal

Nilai *positive ideal solution* atau hasil terbaik disini terdiri dari masing-masing *goal*. Data ini bersifat float.

5. Nilai lamda (λ)

Memaksimalkan nilai lamda merupakan *fungsi tujuan* dari model R-NGP. Nilai lamda akan digunakan sebagai pengali pada persamaan batasan normalisasi. Data ini bersifat *float*.

6. Kapasitas tiap supplier

Kapasitas tiap *supplier* ini berupa data yang bertipe integer. Kapasitas *supplier* akan menjadi batasan di dalam penelitian ini.

Potongan program dari *file utama.m* ditunjukkan oleh Segmen Program 5.1 di bawah ini.

```

1. %memasukkan input awal%
2. jmlsupplier = input('Masukkan
   Jumlah Supplier :');
3. jmlpermintaan = input('Masukkan
   Jumlah Total Permintaan :');
4. goalharga = input ('Tentukan
   keinginan harga yang ingin dicapai
   :');
5. goaldefect = input ('Tentukan
   keinginan defect rate yang ingin
   dicapai :');
6. goalleadtime= input ('Tentukan
   keinginan lead-time error yang
   ingin dicapai:');
7. PISgoalharga = input ('Tentukan
   harga terendah yang mungkin dicapai
   :');

```

```

8.  PISgoaldefect = input ('Tentukan
    defect rate terendah yang mungkin
    dicapai :');
9.  PISgoalleadtime = input ('Tentukan
    lead-time error terendah yang
    mungkin dicapai:');
10. lamda = input ('Masukkan lamda:');
11. fprintf('-----\n')
12. %Mengambil data kapasitas tiap
    supplier%
13. cap=xlsread('datasupplier.xlsx',1,'
    C5:C10');
14. capacity=cap;

```

Segmen Program 5.1 : Memasukkan data awal

Segmen Program 1 adalah proses pengisian jumlah *supplier*, jumlah permintaan total, target tiap *goal* yang ingin dicapai, kemungkinan nilai terbaik (PIS) tiap *goal*, nilai lamda, dan kapasitas tiap *supplier*. Untuk kode program No. 13, nilai kapasitas tiap *supplier* diambil melalui *file Excel*.

5.1.2. Membuat Variabel Keputusan

Variabel keputusan dibuat pada *file utama.m*. Jumlah variabel keputusan adalah jumlah *supplier* buah mangga harum manis ditambah 3. Penambahan 3 diperuntukkan variabel deviasi yang didapat dari tiga tujuan model awal. Sehingga dapat dituliskan seperti Segmen Program 5.2 di bawah ini.

```

15. %inisialisasi variabel keputusan%
16. var= jmlsupplier + 3;

```

Segmen Program 5.2 : Membuat variabel keputusan

5.1.3. Memasukkan Data Inisialisasi Nilai Awal x_0 , lb , dan ub

Masih terdapat data awal lainnya yang diperlukan untuk perhitungan dalam Matlab pada fungsi *fmincon*. Data-data tersebut adalah sebagai berikut:

1. x_0

Nilai x_0 merupakan nilai inisialisasi awal perhitungan untuk variabel keputusan ke- n . Variabel ini mempunyai nilai bertipe float.

2. lb

Nilai variabel lb merupakan nilai batas bawah dari suatu fungsi. Nilainya bertipe *float*. Tidak ada batasan yang ditentukan untuk mengisi nilai ini, tetapi jika dikehendaki untuk ditentukan nilainya maka diisi dengan nilai yang ditentukan tersebut.

3. ub

Nilai variabel ub merupakan nilai batas atas dari suatu fungsi. Nilainya bertipe *float*. Tidak ada batasan yang ditentukan untuk mengisi nilai ini, tetapi jika dikehendaki untuk ditentukan nilainya maka diisi dengan nilai yang ditentukan tersebut.

Data keluaran yang akan dihasilkan adalah berupa nilai optimal tiap variabel keputusan.

Nilai x_0 , lb , dan ub dibuat pada *file utama.m* seperti yang tercantum pada Segmen Program 5.3 di bawah ini :

```

17. %inisialisasi awal variabel
    keputusan%
18. x0=ones(1,var);
19. %inisialisasi batas bawah%
20. lb=ones(1,var);
21. for i=1:3 %nilai variabel deviasi
    q1 ... q3%
22. lb(i)=0;
23. end
24. for i=4:jmlsupplier+3 %nilai
    variabel kapasitas supplier%
25. lb(i)=0;
26. end

```

```

27. %inisialisasi batas atas%
28. ub=ones(1,var);
29. for i=1:3 %nilai variabel deviasi q1
... q3%
30. ub(i)=inf;
31. end
32. capacity_awal=1; %nilai variabel
kapasitas supplier%
33. for i=4:jmlsupplier+3
34. ub(i)=cap(capacity_awal);
35. capacity_awal=capacity_awal+1;
36. end

```

Segmen Program 5.3 : Memasukkan data inisialisasi nilai awal x0, lb dan ub

Pada kode program No. 18, nilai awal x0 adalah 1 untuk semua variabel keputusan, termasuk variabel deviasi. Pada batas bawah (lb) diisikan nilai 0 untuk semua variabel deviasi dan variabel keputusan, seperti yang tertera pada program No. 20 sampai dengan No. 26. Sedangkan batas atas (ub) tertera pada kode program No. 28 sampai dengan No. 36. Untuk nilai tiga variabel deviasi diisi dengan nilai tak hingga (inf) dan variabel keputusan lainnya diisi dengan nilai kapasitas tiap *supplier* yang sudah diambil dari *file Excel*.

5.1.4. Memasukkan Batasan Fungsi Tujuan

Berikut adalah tahap pengisian batasan yang berasal dari fungsi tujuan awal. Batasan dari target harga yang ingin dicapai (*Goal 1*), target jumlah buah cacat yang ingin dicapai (*Goal 2*), dan target jumlah buah yang datang terlambat (*Goal 3*) diubah ke dalam bentuk matriks. Kemudian disimpan dalam matriks As dan bs dan otomatis akan tergabung dengan matriks sebelumnya. Data batasan ini diambil dari *file Excel*. Segmen Program 5.4 menjelaskan proses memasukkan batasan yang berasal dari fungsi tujuan awal.

```

37. %memasukkan batasan harga%
38. As(1,1)=1;
39. As(1,2)=0;
40. As(1,3)=0;
41. n=1;
42. for i=4:jmlsupplier+3
43. K=xlsread('datasupplier.xlsx',2,'B5
    :B10');
44. As(1,i)=K(n,:);
45. n=n+1;
46. end
47. bs(1,1)=goalharga;
48. %memasukkan batasan defect rate%
49. As(2,1)=0;
50. As(2,2)=1;
51. As(2,3)=0;
52. n=1;
53. for i=4:jmlsupplier+3
54. K=xlsread('datasupplier.xlsx',3,'B5
    :B10');
55. As(2,i)=K(n,:);
56. n=n+1;
57. end
58. bs(2,1)=goaldefect;
59. %memasukkan batasan lead-time
    error%
60. As(3,1)=0;
61. As(3,2)=0;
62. As(3,3)=1;
63. n=1;
64. for i=4:jmlsupplier+3
65. K=xlsread('datasupplier.xlsx',4,'B5
    :B10');
66. As(3,i)=K(n,:);
67. n=n+1;
68. end
69. bs(3,1)=goalleadtime;

```

Segmen Program 5.4 : Memasukkan batasan fungsi tujuan

5.1.5. Memasukkan Batasan Normalisasi

Berikut adalah tahap pengisian batasan normalisasi untuk model R-NGP. Batasan normalisasi dari target harga yang ingin dicapai (*Goal 1*), target jumlah buah cacat yang ingin dicapai (*Goal 2*), dan target jumlah buah yang datang terlambat (*Goal 3*) diubah ke dalam bentuk matriks. Kemudian disimpan dalam matriks Aeq dan beq dan otomatis akan tergabung dengan matriks sebelumnya. Data batasan ini diambil dari *file Excel*. Segmen Program 5.5 menjelaskan proses memasukkan batasan yang berasal dari fungsi tujuan awal.

```

70. %memasukkan batasan R-NGP harga%
71. Aeq(1,1)=0;
72. Aeq(1,2)=0;
73. Aeq(1,3)=0;
74. n=1;
75. for i=4:jmlsupplier+3
76. A=xlsread('datasupplier.xlsx',2,'B5
    :B10');
77. Aeq(1,i)=A(n,:);
78. n=n+1;
79. end
80. beqharga=goalharga-
    ((lamda*(goalharga-PISgoalharga))-
    (goalharga-PISgoalharga));
81. beq(1,1)=beqharga;
82. %memasukkan batasan R-NGP defect
    rate%
83. Aeq(2,1)=0;
84. Aeq(2,2)=0;
85. Aeq(2,3)=0;
86. n=1;
87. for i=4:jmlsupplier+3
88. A=xlsread('datasupplier.xlsx',3,'B5
    :B10');
89. Aeq(2,i)=A(n,:);
90. n=n+1;
91. end

```

```

92. beqdefect=goaldefect-
    ((lamda*(goaldefect-
    PISgoaldefect))-(goaldefect-
    PISgoaldefect));
93. beq(2,1)=beqdefect;
94. %memasukkan batasan R-NGP lead-time
    error%
95. Aeq(3,1)=0;
96. Aeq(3,2)=0;
97. Aeq(3,3)=0;
98. n=1;
99. for i=4:jmlsupplier+3
100. A=xlsread('datasupplier.xlsx',4,'B5
    :B10');
101. Aeq(3,i)=A(n,:);
102. n=n+1;
103. end
104. beqleadtime=goalleadtime-
    ((lamda*(goalleadtime-
    PISgoalleadtime))-(goalleadtime-
    PISgoalleadtime));
105. beq(3,1)=beqleadtime;

```

Segmen Program 5.5 : Memasukkan batasan normalisasi

Kode program No. 80, 92, dan 104 diperoleh dari persamaan linear untuk batasan normalisasi pada model R-NGP.

5.1.6. Memasukkan Batasan Jumlah Pesanan

Seperti yang diketahui, jumlah total pesanan ke *supplier* i harus sama dengan jumlah permintaan buah mangga yang diminta oleh Giant. Batasan jumlah pesanan ini akan dibuuh ke dalam bentuk matriks. Kemudian disimpan dalam matriks Aeq dan beq dan otomatis akan tergabung dengan matriks sebelumnya. Berikut adalah tahap pengisian batasan model seperti yang ditunjukkan pada Segmen Program 5.6 berikut :

```

106. %memasukkan batasan pesanan%
107. Aeq(4,1)=0;
108. Aeq(4,2)=0;
109. Aeq(4,3)=0;
110. for i=4:jmlsupplier+3
111. Aeq(4,i)=1;
112. end
113. beq(4,1)=jmlpermintaan;

```

Segmen Program 5.6 : Memasukkan batasan jumlah pesanan

5.1.7. Memasukkan Batasan Variabel Deviasi

Batasan variabel deviasi merupakan perkalian antara variabel deviasi yang terdapat pada batasan fungsi tujuan. Persamaan ini merupakan non linear sehingga perlu dituliskan dalam *file* yang terpisah. Kode program ini berada pada *file batasan.m*. *File* ini nantinya akan dipanggil dalam fungsi optimasi dalam *file utama.m*. Berikut ini merupakan Segmen Program 5.7 yang menjelaskan kode program dari batasan variabel deviasi.

```

1. function [c,ceq] = batasan(y)
2. c= (y(1))*(y(2))*(y(3));
3. ceq = [];
4. end

```

Segmen Program 5.7 : Memasukkan batasan variabel deviasi

5.1.8. Memasukkan Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan R-NGP sebenarnya adalah memaksimalkan nilai lamda λ sehingga bisa saja kode program fungsi tujuan dihilangkan. Namun, karena fungsi *fmincon* harus memiliki fungsi tujuan, sehingga kode program yang dibuat, yang terdapat pada *file fungsitujuan.m*, adalah fungsi tujuan dari *goal programming*. *File fungsitujuan.m* akan dipanggil dalam fungsi optimasi dalam *file utama.m*. Berikut merupakan kode program dalam

pembuatan fungsi tujuan yang tercantum pada Segmen Program 5.8 :

```
1. function fx=fungsitujuan(y)
2. fx= y(1)+y(2)+y(3);
```

Segmen Program 5.8 : Memasukkan fungsi tujuan

5.1.9. Memasukkan Fungsi Optimasi

Untuk mencari solusi optimal dari model dengan menggunakan perangkat lunak Matlab, dapat memanfaatkan fungsi *fmincon*. Pada fungsi tersebut, *file-file* yang terpisah tadi dipanggil sesuai fungsinya. Seperti yang ada pada Segmen Program 5.9, dapat diketahui fungsi dan variabel apa saja yang harus dimasukkan ke dalam fungsi tersebut, di antaranya adalah :

1. Fungsi tujuan yang berasal dari file *fungsitujuan.m*.
2. Variabel *x0* yang merupakan nilai awal variabel keputusan.
3. Variabel *As* merupakan variabel batasan untuk model pertidaksamaan
4. Variabel *bs* adalah nilai atau kapasitas dari batasan yang berbentuk model pertidaksamaan.
5. Variabel *Aeq* adalah batasan yang berbentuk persamaan
6. Variabel *beq* merupakan nilai kapasitas dari batasan yang berbentuk persamaan
7. Variabel *lb* merupakan batas bawah model
8. Variabel *ub* merupakan batas atas model.
9. Fungsi untuk memanggil fungsi batasan *nonlinear* yang berada pada file *batasan.m*

```

114. %fungsi optimasi%
115. options = optimset('Display',
    'iter','Algorithm','interior-
    point','MaxIter',5000,'MaxFunEvals',
    50000);
116. [y,fx,exitflag,output,lambda]=fminco
    n(@fungsitujuan,x0,As,bs,Aeq,beq,lb,
    ub,@batasan,options)

```

Segmen Program 5.9 : Memasukkan fungsi optimasi

Setelah fungsi optimasi sudah dituliskan, maka selanjutnya adalah menyimpan hasil optimasi dan dilanjutkan dengan menampilkan hasilnya. Pada Segmen Program 5.10 tertera potongan kode program untuk menyimpan dan menampilkan hasil optimasi.

```

117. %simpan hasil optimasi%
118. n=4;
119. for k=1:jmlsupplier
120. supplier(k)=y(n);
121. n=n+1;
122. end
123. dA(1)=y(1);
124. dA(2)=y(2);
125. dA(3)=y(3);
126. %Display hasil optimasi%
127. fprintf('Hasil Optimasi adalah :
    \n')
128. disp(['DA1 = ' num2str(y(1))])
129. disp(['DA2 = ' num2str(y(2))])
130. disp(['DA3 = ' num2str(y(3))])
131. for l=4:var
132. disp(['y ' num2str(l) ' = '
    num2str(y(l))])
133. end

```

Segmen Program 5.10 : Menyimpan dan menampilkan hasil optimasi

5.2. Penyelesaian Model dengan QM

Selain menggunakan Matlab, penelitian ini juga mencoba untuk mengimplementasi model R-NGP yang telah selesai dirancang menggunakan perangkat lunak QM. Penyelesaian model penelitian ini akan menggunakan fungsi *goal programming* yang dimiliki oleh QM.

5.2.1. Penyesuaian Model *Relaxed-Normalized Goal Programming*

Ada beberapa penyesuaian model yang harus dilakukan untuk dapat mengimplementasikan model R-NGP ke dalam perangkat lunak QM *for windows* V.4. Di bawah ini adalah model R-NGP awal :

a. Fungsi Tujuan

Di bawah ini adalah fungsi tujuan R-NGP :

$$\max \lambda$$

b. Batasan

- **Batasan 1** : Pertidaksamaan linear dari Batasan 1 *weighted goal programming*

$$f_k + d_k^- - d_k^+ \leq f_k^* ; k = 1,2,3$$

- **Batasan 2** : Batasan normalisasi

$$f_k = f_k^* - (\lambda(f_k^* - f_k^+) - (f_k^* - f_k^+))$$

dimana :

f_k^+ = *positive ideal solution* (PIS) atau hasil terbaik yang mungkin dicapai dari *goal/fungsi* tujuan

- **Batasan 3** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus sama dengan jumlah permintaan Giant

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

- **Batasan 4** : Jumlah buah mangga yang dipesan ke *supplier i* harus kurang atau sama dengan kapasitas *supplier* tersebut

$$x_i \leq V_i ; i = 1, 2, \dots, n$$

- **Batasan tambahan** : Batasan dari deviasi dan jumlah yang dipesan ke *supplier i*

$$d_k^+ d_k^- = 0$$

$$d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1, 2, 3$$

$$x_i \geq 0 ; i = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan :

n = jumlah supplier buah mangga

Perangkat lunak QM tidak dapat menerima adanya batasan pertidaksamaan linear yang memiliki variabel deviasi, seperti Batasan 1 di atas. Oleh karena itu, terdapat sedikit perubahan model menjadi seperti berikut :

a. Fungsi Tujuan

Di bawah ini adalah fungsi tujuan yang masih tetap sama dengan R-NGP awal :

$$\max \lambda$$

b. Batasan

- **Batasan 1** :

$$f_k + d_k^- - d_k^+ = f_k^* - (\lambda(f_k^* - f_k^+) - (f_k^* - f_k^+))$$

dimana :

$$k = 1,2,3$$

f_k^+ = *positive ideal solution* (PIS) atau hasil terbaik yang mungkin dicapai dari *goal/fungsi tujuan*

- **Batasan 2 :**

$$\sum_{i=1}^n x_i = D$$

- **Batasan 3 :**

$$x_i \leq V_i ; i = 1,2, \dots, n$$

- **Batasan tambahan :**

$$d_k^+ d_k^- = 0$$

$$d_k^+, d_k^- \geq 0 ; k = 1,2,3$$

$$x_i \geq 0 ; i = 1,2, \dots, n$$

Batasan 1 yang baru adalah penggabungan antara Batasan 1 dan 2 R-NGP yang awal. Hal ini dimungkinkan karena QM hanya akan mencoba mencari nilai mendekati hasil terbaik (f_k^+) dari masing-masing fungsi tujuan awal (*goal*) tanpa harus melihat batasan dari target yang ingin dicapai sebelumnya (f_k^*).

BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan verifikasi, validasi, dan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari proses implementasi yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Pada bagian ini juga terdapat pemilihan solusi alternatif dari seluruh ujicoba yang dibuat.

6.1. Lingkungan Uji Coba

Lingkungan uji coba merupakan kriteria perangkat pengujian yang digunakan dalam menguji model yang telah dibuat pada tugas akhir ini. Lingkungan uji coba terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak. Adapun perangkat keras yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 6.4 di bawah ini :

Tabel 6.4 : Lingkungan uji coba

Perangkat Keras	Spesifikasi
Jenis	Notebook
Processor	Core i5
RAM	4GB
Hard Disk Drive	750GB

Selain itu juga, terdapat lingkungan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba model. Tabel 6.5 adalah daftar perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba.

Tabel 6.5 : Perangkat lunak yang digunakan

Perangkat Lunak	Fungsi
Windows 10	Sistem operasi
Matlab 2009	Membuat kode program dan mengolah model
Microsoft Excel 2010	Mengelola data
QM for Windows V.4	Mengolah dan validasi model

6.2. Verifikasi Model

Untuk memastikan apakah program yang telah dibuat sudah bebas dari error maka perlu dilakukan uji coba dan verifikasi.

Langkah pertama dalam melakukan uji coba dan verifikasi adalah dengan melihat pada program yang telah dibuat, apakah ada kesalahan yang ditandai dengan adanya tanda *error*. Apabila program sudah tidak ada tanda *error*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan proses *running* untuk mengetahui hasil yang dikeluarkan oleh program.

6.2.1. Verifikasi Model di Matlab

Berikut adalah verifikasi hasil yang dikeluarkan oleh program Matlab. Tabel 6.6 adalah hasil *running* pada studi kasus Giant Diponegoro. Dengan adanya hasil ini maka dapat dikatakan bahwa program sudah terbukti bebas dari *error*.

Pada kolom *Variabel Keputusan dan Deviasi*, terdapat DA1, DA2, DA3, dan variabel keputusan y yang mewakili tiap *supplier* yang ada. Nilai DA1, DA2, dan DA3 merupakan variabel deviasi yang ada pada tiap batasan fungsi tujuan. Semenjak model diubah menjadi *relaxed-normalized goal programming* (R-NGP), fungsi tujuan berubah menjadi memaksimalkan nilai lamda (λ). DA adalah deviasi atas (d_k^+).

Tabel 6.6 : Verifikasi model Matlab

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
DA1	0.00079999
DA2	0.00079995
DA3	0.00079997
y_4 (<i>supplier</i> 1)	117.5267
y_5 (<i>supplier</i> 2)	203.0826
y_6 (<i>supplier</i> 3)	2.46 e-011
y_7 (<i>supplier</i> 4)	97.369

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
y_8 (supplier 5)	175
y_9 (supplier 6)	6.43 e-011

Sesuai dengan batasan variabel deviasi dan keputusan dimana $d_1^-, d_2^+ \geq 0$ dan $x_i \geq 0$ dimana i adalah *supplier* ke- i , maka hasil *running* program menunjukkan bahwa tujuan telah tercapai.

6.2.2. Verifikasi Model di QM

Berikut adalah verifikasi hasil yang dikeluarkan oleh QM. Gambar 6.6 adalah hasil *running* pada studi kasus Giant Diponegoro. Dengan adanya hasil ini maka dapat dikatakan bahwa program sudah terbukti bebas dari *error*.

Giant Solution				
Item				
Decision variable analysis		Value		
X1		0		
X2		300		
X3		25		
X4		100		
X5		175		
X6		0		
Priority analysis		Nonachievement		
Priority 1		36.25		
Priority 2		13.25		
Priority 3		20		
Constraint Analysis		RHS	d+ (row i)	d- (row i)
goal harga		5790	36.25	0
goal defect rate		10	13.25	0
goal lead time error		30	20	0
cap supplier 1		300	0	300
cap supplier 2		300	0	0
cap supplier 3		250	0	225
cap supplier 4		100	0	0
cap supplier 5		175	0	0
cap supplier 6		200	0	200
jumlah permintaan		600	0	0

Gambar 6.6 : Verifikasi model QM

6.3. Validasi Model

Validasi adalah proses yang dilakukan untuk menilai apakah model dan program sudah sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Salah satu cara melakukan validasi yakni dengan membandingkan hasil yang dikeluarkan program penelitian dengan hasil yang dikeluarkan oleh perangkat lunak lain atau dengan mencoba program penelitian menggunakan studi kasus lain yang sudah memiliki hasil valid. Apabila hasil yang dikeluarkan sama atau berada di tingkat kesalahan (*error*) yang diperbolehkan, maka dapat dikatakan model dan program sudah valid.

Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan mencoba program penelitian menggunakan studi kasus lain yang sudah memiliki hasil valid. Studi kasus yang dicoba adalah studi kasus yang diteliti oleh O. Jadidi, et al (2014) mengenai pemilihan *supplier* [11]. Di penelitiannya, O. Jadidi menggunakan perangkat lunak GAMS Solver.

Data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Fungsi Tujuan

- Meminimalkan biaya pengadaan produk buah (f_1)
- Meminimalkan produk cacat (f_2)
- Meminimalkan keterlambatan produk datang (f_3)

b. Variabel Keputusan

- Jumlah pesanan buah ke *supplier* i (x_i)

c. Batasan

- Jumlah permintaan dari Giant Ekstra Diponegoro Surabaya (D)
- Kapasitas tiap *supplier* (V_i)

d. Keterangan

- Harga buah/kg dari *supplier* i (C_i)
- Ekspektasi rasio cacat barang dari *supplier* i (q_i)

Hasil yang didapatkan setelah diolah di GAMS Solver adalah seperti Tabel 6.8 berikut :

Tabel 6.8 : Hasil studi kasus lain

	GAMS
f_1	30000
f_2	10.00
f_3	21.25
x_1	2500
x_2	2500
x_3	0
R_1^-	-0.67
R_2^-	-0.67
R_3^-	1

6.3.1. Percobaan dengan Matlab

Dengan mengabaikan bobot fungsi tujuan karena bernilai sama, lalu mengikuti langkah membentuk model persoalan studi kasus ke dalam model R-NGP yang ada pada subbab 4.2 serta terdapat perubahan jumlah maksimal iterasi (MaxIter) dan maksimal evaluasi fungsi (MaxFunEvals) pada segmen program sub subbab 5.1.9 menjadi 50000 dan 350000, hasil akhirnya adalah seperti Tabel 6.9 berikut :

Tabel 6.9 : Hasil percobaan validasi Matlab

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
DA1	0.0008
DA2	2.08 e-008
DA3	0.00079972

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
y_4 (supplier 1)	860.8126
y_5 (supplier 2)	2478.7916
y_6 (supplier 3)	1586.8776

Program Matlab dapat berjalan tanpa *error* namun tidak dapat mencari hasil optimal (*no feasible solution found*) untuk studi kasus O. Jadi namun tetap mengeluarkan hasil seperti Tabel 6.9 di atas. Kemudian, hasil akhirnya juga dapat dilihat pada Tabel 6.10 di bawah ini :

	Matlab
f_1	28753
f_2	11.472
f_3	23.3125
x_1	861
x_2	2479
x_3	1587
R_1^-	0.996
R_2^-	-1.648
R_3^-	-1.75

Tabel 6.10 : Hasil percobaan validasi Matlab (2)

Hasil akhir yang dikeluarkan Matlab hanya memenuhi permintaan sebanyak 4.927 unit, tidak memenuhi permintaan pelanggan sebesar 5000 unit.

	Matlab	GAMS
f_1	28753	30000
f_2	11.472	10.00
f_3	23.3125	21.25
x_1	861	2500
x_2	2479	2500
x_3	1587	0
R_1^-	0.996	-0.67
R_2^-	-1.648	-0.67
R_3^-	-1.75	1

Tabel 6.11 : Perbandingan hasil validasi Matlab terhadap studi kasus lain

Namun, jika melihat Tabel 6.11 di atas, tingkat validitas dari hasil percobaan program Matlab dapat dihitung dengan melakukan *Behavior Pattern Test* mengacu pada sub subbab 2.2.3. Rumus persamaan validitas mengacu pada persamaan (2.11) pada sub subbab yang sama.

Yang dimaksud dengan *model* dalam persamaan tersebut adalah hasil program Matlab dan untuk data adalah hasil GAMS. Dengan bantuan fungsi *stdev* pada *Excel* maka memudahkan dalam pencarian nilai standar deviasi.

Hasil yang dihitung standar deviasinya adalah hasil *goal* (f_1 , f_2 , dan f_3). Setelah diketahui nilai standar deviasi masing-masing, maka selanjutnya menghitung nilai E2 dengan menggunakan rumus di atas. Maka ditemukan bahwa nilai *Error Variance* (E2) sebesar 4,16%, artinya model dan program yang dibuat telah valid karena nilai E2 kurang dari 30% namun program Matlab memang tidak dapat menemukan solusi yang sesuai dengan batasan yang diberikan studi kasus.

6.3.2. Percobaan dengan QM

Dengan mengikuti langkah membentuk model persoalan studi kasus ke dalam model R-NGP yang ada pada subbab 4.2 kemudian terdapat penyesuaian model yang ditunjukkan pada sub subbab 5.3.1, proses dan hasil akhirnya ditunjukkan Gambar 6.7, Gambar 6.8, dan Tabel 6.12 di bawah ini.

Pada kolom prioritas dan bobot deviasi positif, semuanya disamaratakan agar setara dengan percobaan validasi di Matlab dan GAMS.

	Wt(d+)	Prty(d+)	Wt(d-)	Prty(d-)	X1	X2	X3		RHS
Goal/Cnstrnt 1	1	1	0	0	6.5	5.5	6	=	28750
Goal/Cnstrnt 2	1	1	0	0	.0	.0	.0	=	7.5
Goal/Cnstrnt 3	1	1	0	0	.0	.0	.01	=	21.25
Goal/Cnstrnt 4	0	0	0	0	1	1	1	=	5000
Goal/Cnstrnt 5	0	0	0	0	1	0	0	<=	2500
NEW Goal/Cnstrnt 6	0	0	0	0	0	1	0	<=	2500
NEW Goal/Cnstrnt 6	0	0	0	0	0	0	1	<=	2500

Gambar 6.7 : Proses validasi dengan QM

Hasil yang dikeluarkan pada percobaan QM ditunjukkan pada Gambar 6.7 berikut ini :

Item				
Decision variable analysis		Value		
X1		0		
X2		2500		
X3		2500		
Priority analysis		Nonachievement		
Priority 1		8.75		
Constraint Analysis		RHS	d+ (row i)	d- (row i)
Goal/Cnstrnt 1		28750	0	0
Goal/Cnstrnt 2		7.5	5	0
Goal/Cnstrnt 3		21.25	3.75	0
Goal/Cnstrnt 4		5000	0	0
Goal/Cnstrnt 5		2500	0	2500
NEW Goal/Cnstrnt 6		2500	0	0
NEW Goal/Cnstrnt 6		2500	0	0

Gambar 6.8 : Hasil percobaan validasi QM

Lalu, hasil percobaan QM dibandingkan dengan hasil GAMS seperti pada Tabel 6.12 berikut. Tingkat validitas

dari hasil percobaan QM dapat kembali dihitung dengan melakukan *Behavior Pattern Test*.

Tabel 6.12 : Hasil percobaan validasi QM (2)

	QM	GAMS
f_1	28750	30000
f_2	12.5	10.00
f_3	25	21.25
x_1	0	2500
x_2	2500	2500
x_3	2500	0
R_1^-	1	-0.67
R_2^-	-2.33333	-0.67
R_3^-	-4	1

Hasil akhir tes validitas *Error Variance* adalah 4,18%, artinya model yang dibuat di QM telah valid karena nilai E2 kurang dari 30%

6.4. Uji Coba Model

Uji coba di bawah ini adalah uji coba yang dilakukan pada studi kasus penelitian ini, yaitu Giant Diponegoro. Uji coba dilakukan terhadap beberapa skenario. **Skenario dilakukan dengan cara pemberian prioritas yang berbeda-beda antar uji coba untuk melihat dampak dari perubahan skala prioritas.** Hal ini dimaksudkan agar dapat mencari alternatif solusi yang paling optimal terhadap studi kasus Giant. Perangkat lunak yang digunakan adalah QM. Berikut ini merupakan skenario yang akan dibuat :

1. Skenario 1

Skenario 1 adalah pemberian prioritas tertinggi pada *goal 1*, yaitu meminimalkan biaya pengadaan produk buah. Kemudian diikuti dengan *goal 2* (meminimalkan produk buah cacat), dan terakhir *goal 3* (meminimalkan keterlambatan produk buah datang).

2. Skenario 2

Skenario 2 adalah pemberian prioritas tertinggi pada *goal 2*, yaitu meminimalkan produk buah cacat. Kemudian diikuti dengan *goal 3*, dan terakhir *goal 1*.

3. Skenario 3

Skenario 3 adalah pemberian prioritas tertinggi pada *goal 3*, yaitu meminimalkan keterlambatan produk buah datang. Kemudian diikuti dengan *goal 1*, dan *goal 2*.

4. Skenario 4

Skenario 4 adalah pemberian prioritas yang sama rata antara semua *goal* yang ada

6.5. Analisa Hasil

Di bawah ini adalah analisa hasil dari pencarian solusi optimal studi kasus Giant menggunakan program Matlab dan hasil skenario dengan menggunakan QM.

6.5.1. Analisa Hasil Matlab

Hasil yang dikeluarkan oleh program Matlab dapat dilihat pada Tabel 6.13 berikut ini.

Tabel 6.13 : Analisa hasil Matlab

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
DA1	0.00079999
DA2	0.00079995
DA3	0.00079997

Variabel Keputusan dan Deviasi	Hasil
y_4 (<i>supplier</i> 1)	117.5267 ~ 118
y_5 (<i>supplier</i> 2)	203.0826 ~ 203
y_6 (<i>supplier</i> 3)	2.46 e-011 ~ 0
y_7 (<i>supplier</i> 4)	97.369 ~ 97
y_8 (<i>supplier</i> 5)	175
y_9 (<i>supplier</i> 6)	6.43 e-011 ~ 0

Pada kolom *Variabel Keputusan dan Deviasi*, terdapat DA1, DA2, DA3, dan variabel keputusan y yang mewakili tiap *supplier* yang ada. Nilai DA1, DA2, dan DA3 merupakan variabel deviasi yang ada pada tiap batasan fungsi tujuan. Semenjak model diubah menjadi *relaxed-normalized goal programming*, fungsi tujuan berubah menjadi memaksimalkan nilai lamda (λ). DA adalah deviasi atas (d_k^+). Untuk memudahkan dalam menganalisa hasil, dapat dilihat pada Tabel 6.14:

Tabel 6.14 : Hasil program Matlab untuk studi kasus Giant

	Matlab
f_1 (x1000)	5787.95
f_2	20.09
f_3	42.2
<i>supplier 1</i>	118
<i>supplier 2</i>	203
<i>supplier 3</i>	0
<i>supplier 4</i>	97
<i>supplier 5</i>	175
<i>supplier 6</i>	0
R_1^-	1.034

	Matlab
R_2^-	0.4955
R_3^-	0.593

Hasil akhir yang dikeluarkan Matlab hanya memenuhi permintaan sebanyak 593 kg, tidak memenuhi permintaan Giant sebesar 600 kg. Namun hal ini masih dapat diperbolehkan karena masih berada pada tingkat *error* yang sangat kecil (1,16%).

Jika kita melihat dari *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3*, semuanya sudah memenuhi target yang diinginkan (f_k^*) bahkan jauh lebih baik.

Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), semua *goal* tidak memiliki tingkat konsistensi yang sama namun semua *goal* mendapatkan nilai $R_k^- \geq 0$. Hal ini berarti semua hasil akhir (f_k) memenuhi target yang diinginkan (f_k^*).

Dalam memenuhi permintaan buah mangga, Giant harus memesan 118 kg buah ke *supplier 1*, 203 kg buah ke *supplier 2*, 97 kg ke *supplier 4*, dan 175 kg ke *supplier 5*. Dengan begitu, biaya pesanan buah mangga akan menjadi Rp 5.787.950, dengan 20 kg buah dari 593 kg adalah buah cacat dan 42 kg buah datang terlambat.

6.5.2. Analisa Hasil QM

Berikut adalah hasil dari skenario studi kasus Giant yang dikerjakan dengan perangkat lunak QM.

1) Skenario 1

Gambar 6.9 adalah proses pengerjaan skenario. Kotak merah adalah kolom untuk mengganti prioritas dari *goal* yang ada.

Giant											
	Wt(d+)	Prt(d+)	Wt(d-)	Prt(d-)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	RHS
goal harga	1	1	0	0	10	9.75	9.75	9.6	9.7	9.65	= 5790
goal defect rate	1	2	0	0	.01	.03	.05	.06	.04	.03	= 10
goal lead time error	1	3	0	0	0	.05	.1	.15	.1	.05	= 30
cap supplier 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<= 250
cap supplier 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 100
cap supplier 5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<= 175
cap supplier 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<= 200
jumlah permintaan	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	= 600

Gambar 6.9 : Proses Skenario 1

Sedangkan Gambar 6.10 di bawah adalah hasil yang dikeluarkan oleh QM :

Giant Solution			
Item			
Decision variable analysis	Value		
X1	0		
X2	300		
X3	25		
X4	100		
X5	175		
X6	0		
Priority analysis	Nonachievement		
Priority 1	36.25		
Priority 2	13.25		
Priority 3	20		
Constraint Analysis	RHS	d+ (row i)	d- (row i)
goal harga	5790	36.25	0
goal defect rate	10	13.25	0
goal lead time error	30	20	0
cap supplier 1	300	0	300
cap supplier 2	300	0	0
cap supplier 3	250	0	225
cap supplier 4	100	0	0
cap supplier 5	175	0	0
cap supplier 6	200	0	200
jumlah permintaan	600	0	0

Gambar 6.10 : Hasil Skenario 1

Untuk memudahkan dalam menganalisa hasil, dapat dilihat pada Tabel 6.15 berikut :

Tabel 6.15 : Hasil Skenario 1 QM untuk studi kasus Giant

	QM-1
f_1 (x1000)	5826.25
f_2	23.25
f_3	50
x_1	0
x_2	300
x_3	25
x_4	100
x_5	175
x_6	0
R_1^-	0.395833
R_2^-	0.3375
R_3^-	0.333333

Hasil akhir yang dikeluarkan QM pada skenario 1 memenuhi permintaan sebanyak 600 kg buah Giant.

Jika kita melihat dari *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3*, semuanya sudah memenuhi target yang diinginkan (f_k^*) bahkan jauh lebih baik.

Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), semua *goal* hampir memiliki tingkat konsistensi yang sama dan mendapatkan nilai $R_k^- \geq 0$. Hal ini berarti semua hasil akhir (f_k) memenuhi target yang diinginkan (f_k^*).

Dalam memenuhi permintaan buah mangga sebesar 600 kg, Giant harus memesan 300 kg buah ke

supplier 2, 25 kg buah ke *supplier 3*, 100 kg ke *supplier 4*, dan 175 kg ke *supplier 5* sehingga dapat menekan biaya pengadaan produk buah sekecil-kecilnya. Dengan begitu, biaya pesanan buah mangga akan menjadi Rp 5.826.250, dengan 23,25 kg adalah buah cacat dan 50 kg buah datang terlambat.

2) Skenario 2

Gambar 6.11 dan Gambar 6.12 adalah proses dan hasil yang didapatkan dari QM untuk Skenario 2 :

Giant											
	Wt(d+)	Prt(d+)	Wt(d-)	Prt(d-)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	RHS
goal harga	1	3	0	0	10	9.75	9.75	9.6	9.7	9.65	= 5790
goal defect rate	1	1	0	0	.01	.03	.05	.06	.04	.03	= 10
goal lead time error	1	4	0	0	0	.05	.1	.15	.1	.05	= 30
cap supplier 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<= 250
cap supplier 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 100
cap supplier 5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<= 175
cap supplier 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<= 200
jumlah permintaan	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	= 600

Gambar 6.11 : Proses Skenario 2

Giant Solution			
Item			
Decision variable analysis	Value		
X1	300		
X2	300		
X3	0		
X4	0		
X5	0		
X6	0		
Priority analysis	Nonachievement		
Priority 1	2		
Priority 2	0		
Priority 3	135		
Constraint Analysis	RHS	d+ (row i)	d- (row i)
goal harga	5790	135	0
goal defect rate	10	2	0
goal lead time error	30	0	15
cap supplier 1	300	0	0
cap supplier 2	300	0	0
cap supplier 3	250	0	250
cap supplier 4	100	0	100
cap supplier 5	175	0	175
cap supplier 6	200	0	200
jumlah permintaan	600	0	0

Gambar 6.12 : Hasil Skenario 2

Untuk memudahkan dalam menganalisa hasil, dapat dilihat pada Tabel 6.16 di bawah ini :

Tabel 6.16 : Hasil Skenario 2 QM untuk studi kasus Giant

	QM-2
f_1 (x1000)	5925
f_2	12
f_3	30
x_1	300
x_2	300
x_3	0
x_4	0
x_5	0
x_6	0
R_1^-	-1.25
R_2^-	0.9
R_3^-	1

Hasil akhir yang dikeluarkan QM pada skenario 2 memenuhi permintaan sebanyak 600 kg buah Giant.

Jika kita melihat dari *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3*, hanya *Goal 1* yang tidak memenuhi target yang diinginkan (f_k^*) sedangkan *goal* lainnya memenuhi target yang diinginkan.

Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), semua *goal* tidak memiliki tingkat konsistensi yang sama dan *Goal 1* mendapatkan nilai $R_k^- \leq 0$. Hal ini berarti *Goal 1* (f_1) tidak memenuhi target yang diinginkan (f_k^*).

Dalam memenuhi permintaan buah mangga sebesar 600 kg, Giant harus memesan 300 kg buah ke *supplier 1*, dan 300 kg buah ke *supplier 2* sehingga dapat memenuhi pesanan buah dengan tingkat cacat paling rendah. Dengan begitu, biaya pesanan buah mangga akan menjadi Rp 5.925.000, dengan 12 kg adalah buah cacat dan 30 kg buah datang terlambat.

3) Skenario 3

Gambar 6.13 dan Gambar 6.14 adalah proses dan hasil yang didapatkan dari QM untuk Skenario 3 :

Giant												
	Wt(d+)	Pty(d+)	Wt(d-)	Pty(d-)	X1	X2	X3	X4	X5	X6	RHS	
goal harga	1	2	0	0	10	9.75	9.75	9.6	9.7	9.85	=	5790
goal defect rate	1	1	0	0	.01	.03	.05	.06	.04	.03	=	10
goal lead time error	1	1	0	0	0	.05	1	15	1	.05	=	30
cap supplier 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	≤	300
cap supplier 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	≤	300
cap supplier 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	≤	250
cap supplier 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	≤	100
cap supplier 5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	≤	175
cap supplier 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	≤	200
jumlah permintaan	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	=	600

Gambar 6.13 : Proses Skenario 3

Giant Solution			
Item			
Decision variable analysis	Value		
X1	150		
X2	300		
X3	0		
X4	0		
X5	150		
X6	0		
Priority analysis	Nonachievement		
Priority 1	0		
Priority 2	90		
Priority 3	6.5		
Constraint Analysis	RHS	d+ (row i)	d- (row i)
goal harga	5790	90	0
goal defect rate	10	6.5	0
goal lead time error	30	0	0
cap supplier 1	300	0	150
cap supplier 2	300	0	0
cap supplier 3	250	0	250
cap supplier 4	100	0	100
cap supplier 5	175	0	25
cap supplier 6	200	0	200
jumlah permintaan	600	0	0

Gambar 6.14 : Hasil Skenario 3

Untuk memudahkan dalam menganalisa hasil, dapat dilihat pada Tabel 6.17 di bawah ini :

Tabel 6.17 : Hasil Skenario 3 QM untuk studi kasus Giant

	QM-3
f_1 (x1000)	5880
f_2	16.5
f_3	30
x_1	150
x_2	300
x_3	0
x_4	0
x_5	150
x_6	0
R_1^-	-0.5
R_2^-	0.675
R_3^-	1

Hasil akhir yang dikeluarkan QM pada skenario 3 memenuhi permintaan sebanyak 600 kg buah Giant.

Jika kita melihat dari *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3*, hanya *Goal 1* yang tidak memenuhi target yang diinginkan (f_k^*) sedangkan *goal* lainnya memenuhi target yang diinginkan.

Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), semua *goal* tidak memiliki tingkat konsistensi yang sama dan *Goal 1* mendapatkan nilai $R_k^- \leq 0$. Hal ini berarti *Goal 1* (f_1) tidak memenuhi target yang diinginkan (f_k^*).

Dalam memenuhi permintaan buah mangga sebesar 600 kg, Giant harus memesan 150 kg buah ke *supplier 1*, 300 kg buah ke *supplier 2*, dan 150 kg buah ke *supplier 5* sehingga dapat memenuhi pesanan buah dengan tingkat keterlambatan pengiriman paling rendah. Dengan begitu, biaya pesanan buah mangga akan menjadi Rp 5.880.000, dengan 16.5 kg adalah buah cacat dan 30 kg buah datang terlambat.

4) Skenario 4

Gambar 6.15 dan 6.16 adalah proses dan hasil yang didapatkan dari QM untuk Skenario 4 :

Giant											
	Wt(d+)	Prt(y(d+))	Wt(d-)	Prt(y(d-))	X1	X2	X3	X4	X5	X6	RHS
goal harga	1	1	0	0	10	9.75	9.75	9.6	9.7	9.85	= 5790
goal defect rate	1	1	0	0	.01	.03	.05	.06	.04	.03	= 10
goal lead time error	1	1	0	0	0	.05	.1	.15	.1	.05	= 30
cap supplier 1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<= 300
cap supplier 3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	<= 250
cap supplier 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	<= 100
cap supplier 5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	<= 175
cap supplier 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	<= 200
jumlah permintaan	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	= 600

Gambar 6.15 : Proses Skenario 4

Giant Solution				
Item				
Decision variable analysis	Value			
X1	0			
X2	300			
X3	25			
X4	100			
X5	175			
X6	0			
Priority analysis	Nonachievement			
Priority 1	69.5			
Constraint Analysis	RHS	d+ (row i)	d- (row i)	
goal harga	5790	36.25	0	
goal defect rate	10	13.25	0	
goal lead time error	30	20	0	
cap supplier 1	300	0	300	
cap supplier 2	300	0	0	
cap supplier 3	250	0	225	
cap supplier 4	100	0	0	
cap supplier 5	175	0	0	
cap supplier 6	200	0	200	
jumlah permintaan	600	0	0	

Gambar 6.16 : Hasil Skenario 4

Untuk memudahkan dalam menganalisa hasil, dapat dilihat pada Tabel 6.18 di bawah ini :

Tabel 6.18 : Hasil Skenario 4 QM untuk studi kasus Giant

	QM-4
f_1 (x1000)	5826.25
f_2	23.25
f_3	50
x_1	0
x_2	300
x_3	25

	QM-4
x_4	100
x_5	175
x_6	0
R_1^-	0.395833
R_2^-	0.3375
R_3^-	0.333333

Hasil akhir yang dikeluarkan QM pada skenario 4 memiliki hasil yang sama dengan skenario 1. Hasil skenario 4 juga memenuhi permintaan sebanyak 600 kg buah Giant.

Jika kita melihat dari *Goal 1*, *Goal 2*, dan *Goal 3*, semuanya sudah memenuhi target yang diinginkan (f_k^*) bahkan jauh lebih baik.

Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), semua *goal* hampir memiliki tingkat konsistensi yang sama dan mendapatkan nilai $R_k^- \geq 0$. Hal ini berarti semua hasil akhir (f_k) memenuhi target yang diinginkan (f_k^*).

Dalam memenuhi permintaan buah mangga sebesar 600 kg, Giant harus memesan 300 kg buah ke *supplier 2*, 25 kg buah ke *supplier 3*, 100 kg ke *supplier 4*, dan 175 kg ke *supplier 5* sehingga dapat menekan biaya pengadaan produk buah sekecil-kecilnya. Dengan begitu, biaya pesanan buah mangga akan menjadi Rp 5.826.250, dengan 23,25 kg adalah buah cacat dan 50 kg buah datang terlambat.

6.5.3. Perbandingan Hasil Matlab dan QM

Tabel 6.19 adalah perbandingan dari hasil model optimasi dari program Matlab dan skenario 4 QM yang memiliki prioritas sama di antara semua fungsi tujuan (*goal*).

Tabel 6.19 : Perbandingan hasil optimasi dengan prioritas sama

	Matlab	QM-4
f_1 (x1000)	5787.95	5826.25
f_2	20.09	23.25
f_3	42.2	50
x_1	118	0
x_2	203	300
x_3	0	25
x_4	97	100
x_5	175	175
x_6	0	0
R_1^-	1.034	0.395833
R_2^-	0.4955	0.3375
R_3^-	0.593	0.333333

Hasil yang dikeluarkan Matlab lebih baik dibandingkan skenario 4 QM dengan kondisi Giant memperbolehkan untuk tidak memenuhi seluruh permintaannya sebanyak 600 kg. Hal ini dikarenakan perbedaan pesanan dan permintaan hanya sebesar 1,16% atau 7 kg saja, biaya pemesanan paling rendah dibandingkan solusi alternatif lain, tingkat produk buah cacat dan keterlambatan pengiriman yang juga jauh lebih rendah dari target yang diinginkan pihak Giant. Namun, jika Giant ingin semua permintaan buah mangga terpenuhi, hasil yang dikeluarkan skenario 4 QM adalah yang lebih baik.

6.6. Pemilihan Solusi Alternatif

Setelah melihat analisa dari masing-masing hasil dengan menggunakan program Matlab dan skenario dengan

menggunakan QM, tabel perbandingan keseluruhannya ditunjukkan pada Tabel 6.20 berikut.

Tabel 6.20 : Pemilihan solusi alternatif

	Matlab	QM-1	QM-2	QM-3	QM-4
f_1 (x1000)	5787.95	5826.25	5925	5880	5826.25
f_2	20.09	23.25	12	16.5	23.25
f_3	42.2	50	30	30	50
x_1	118	0	300	150	0
x_2	203	300	300	300	300
x_3	0	25	0	0	25
x_4	97	100	0	0	100
x_5	175	175	0	150	175
x_6	0	0	0	0	0
R_1^-	1.034	0.395833	-1.25	-0.5	0.395833
R_2^-	0.4955	0.3375	0.9	0.675	0.3375
R_3^-	0.593	0.333333	1	1	0.333333

Terdapat dua solusi yang didapat dari tabel perbandingan di atas :

1) Solusi pertama

Jika Giant memperbolehkan untuk tidak memenuhi seluruh permintaannya sebanyak 600 kg, maka solusi yang dihasilkan Matlab adalah yang terbaik. Hal ini dikarenakan perbedaan pesanan dan permintaan hanya sebesar 1,16% atau 7 kg saja, biaya pemesanan paling rendah dibandingkan solusi alternatif lain, tingkat produk buah cacat dan keterlambatan pengiriman yang juga jauh lebih rendah dari target yang diinginkan pihak Giant. Untuk tingkat

konsistensinya (R_k^-), solusi Matlab tidak memiliki tingkat konsistensi yang sama di antara semua *goal* namun semua R_k^- memiliki hasil lebih dari 0. Hal ini menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan Matlab lebih baik dari target yang diinginkan Giant.

2) Solusi kedua

Jika Giant mengutamakan pemesanan buah mangga harus sesuai dengan jumlah permintaan, maka solusi yang dihasilkan QM pada Skenario 1 dan 4 adalah yang terbaik. Hal ini karena semua *goal* (f_k) memiliki nilai yang lebih baik dari target yang diinginkan Giant (f_k^*). Untuk tingkat konsistensinya (R_k^-), solusi Skenario 1 dan 4 pada QM hampir memiliki tingkat konsistensi yang sama di antara semua *goal* dan semua R_k^- memiliki hasil lebih dari 0. Hal ini menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan Skenario 1 dan 4 pada QM lebih baik dari target yang diinginkan Giant.

Alokasi pesanan untuk *supplier* terpilih dari kedua solusi tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.21 berikut ini.

Tabel 6.21 : Perbandingan alokasi pesanan antara kedua solusi

	Solusi 1	Solusi 2
<i>Supplier</i> ke-	Alokasi pesanan (kg)	Alokasi pesanan (kg)
1	118	0
2	203	300
3	0	25
4	97	100
5	175	175

	Solusi 1	Solusi 2
<i>Supplier</i> ke-	Alokasi pesanan (kg)	Alokasi pesanan (kg)
6	0	0
Total	593	600

Namun, kedua model baik yang diimplementasi di program Matlab maupun QM dapat diaplikasikan dalam mencoba menentukan *supplier* jenis buah lainnya karena kedua hasil yang diperoleh menunjukkan hasil yang valid. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menyesuaikan data masukan dari penentuan *supplier* jenis buah lainnya yang diangkat.

6.7. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan-perubahan parameter-parameter tertentu terhadap perubahan hasil akhir, apakah tetap menghasilkan hasil yang optimal atau tidak. Analisis sensitivitas di bawah ini dilakukan dengan menggunakan model *linear programming*. Dengan begitu semua fungsi tujuan (*goal*) akan memiliki interval (*range*) masing-masing untuk tetap berada pada nilai akhir yang optimal. Setiap analisis sensitivitas yang ditunjukkan pada Gambar 6.15, Gambar 6.16, dan Gambar 6.17, mengabaikan *goal* lainnya. Oleh karena itu, Giant perlu memprioritaskan *goal* mana yang harus dipenuhi terlebih dahulu karena ketiga fungsi tujuan dapat saling mempengaruhi hasil akhir dalam proses pengadaan produk buah mangga.

1) *Goal 1* (Biaya)

Jika dihitung dengan menggunakan model *linear programming*, biaya paling optimal yang didapat Giant dalam memenuhi pesanan buah mangga

adalah sebesar Rp 5.826.250,00. Hal ini didapat dengan mengabaikan dua *goal* lainnya, yakni faktor jumlah buah cacat (*defect rate*) dan keterlambatan pengiriman (*late delivery*). Jika kita lihat Gambar 6.17 (biaya dikali 1000), pihak Giant masih tetap mendapatkan biaya paling optimal jika jumlah permintaan berada pada interval 525 – 725 kg. Setiap penambahan 1 kg pesanan buah mangga, Giant dibebankan Rp 9.750,00 ke *supplier* terpilih.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	0	.25	10	9.75	Infinity
X2	75	0	9.75	9.75	9.85
X3	250	0	9.75	-Infinity	9.75
X4	100	0	9.6	-Infinity	9.75
X5	175	0	9.7	-Infinity	9.75
X6	0	.1	9.85	9.75	Infinity
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
jumlah permintaan	-9.75	0	600	525	725
cap supplier 1	0	300	300	0	Infinity
cap supplier 2	0	125	200	75	Infinity
cap supplier 3	0	0	250	125	325
cap supplier 4	.15	0	100	0	175
cap supplier 5	.05	0	175	50	250
cap supplier 6	0	200	200	0	Infinity

Gambar 6.17 : Analisis sensitivitas *goal* 1

2) *Goal* 2 (Buah cacat)

Jika dihitung dengan menggunakan model *linear programming*, tingkat barang cacat yang paling optimal yang dapat dialami Giant dalam memenuhi semua pesanan buah mangga adalah sebesar 12 kg. Dengan begitu, ada 12 kg buah mangga yang cacat di dalam 600 kg buah mangga yang dipesan. Hal ini didapat dengan mengabaikan dua *goal* lainnya, yakni biaya pengadaan (*price*) dan keterlambatan pengiriman (*late delivery*). Jika kita lihat Gambar 6.18, pihak Giant masih tetap dapat mengoptimalkan kemungkinan buah cacat yang diterimanya jika jumlah permintaan berada pada interval 500 – 700 kg. Setiap penambahan 1 kg pesanan buah mangga, Giant akan menambah rasio buah mangga cacat sebesar 3% atau

jika Giant memaksimalkan pemesanan sampai 700 kg buah mangga, maka hasil optimalnya adalah 15 kg di antara semua buah yang diterima adalah buah cacat.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	300	0	.01	-Infinity	.03
X2	200	0	.03	-Infinity	.03
X3	0	.02	.05	.03	Infinity
X4	0	.03	.06	.03	Infinity
X5	0	.01	.04	.03	Infinity
X6	100	0	.03	.03	.04
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
jumlah permintaan	-.03	0	600	500	700
cap supplier 1	.02	0	300	200	400
cap supplier 2	0	0	200	100	300
cap supplier 3	0	250	250	0	Infinity
cap supplier 4	0	100	100	0	Infinity
cap supplier 5	0	175	175	0	Infinity
cap supplier 6	0	100	200	100	Infinity

Gambar 6.18 : Analisis sensitivitas goal 2

3) Goal 3 (Keterlambatan buah datang)

Jika dihitung dengan menggunakan model *linear programming*, tingkat keterlambatan pengiriman yang paling optimal yang dapat dialami Giant dalam memenuhi semua pesanan buah mangga adalah sebesar 15 kg. Dengan begitu, ada 15 kg buah mangga yang terlambat dikirim di dalam 600 kg buah mangga yang dipesan. Hal ini didapat dengan mengabaikan dua *goal* lainnya, yakni biaya pengadaan (*price*) dan jumlah buah cacat yang diterima (*defect rate*). Jika kita lihat Gambar 6.19, pihak Giant masih tetap dapat mengoptimalkan kemungkinan buah yang datang terlambat jika jumlah permintaan berada pada interval 500 – 700 kg. Setiap penambahan 1 kg pesanan buah mangga, Giant akan menambah rasio keterlambatan pengiriman sebesar 5% atau jika Giant memaksimalkan pemesanan sampai 700 kg buah mangga, maka hasil optimalnya adalah 20 kg di antara semua buah yang dipesan akan mengalami keterlambatan pengiriman.

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
X1	300	0	0	-Infinity	.05
X2	200	0	.05	-Infinity	.05
X3	0	.05	.1	.05	Infinity
X4	0	.1	.15	.05	Infinity
X5	0	.05	.1	.05	Infinity
X6	100	0	.05	.05	.1
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
jumlah permintaan	-.05	0	600	500	700
cap supplier 1	.05	0	300	200	400
cap supplier 2	0	0	200	100	300
cap supplier 3	0	250	250	0	Infinity
cap supplier 4	0	100	100	0	Infinity
cap supplier 5	0	175	175	0	Infinity
cap supplier 6	0	100	200	100	Infinity

Gambar 6.19 : Analisis sensitivitas goal 3

Tabel 6.22 menunjukkan perbandingan antara semua analisis sensitivitas yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

Tabel 6.22 : Perbandingan antara semua analisis sensitivitas

Parameter yang diubah	Prioritas Goal 1		Prioritas Goal 2		Prioritas Goal 3	
	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound	Lower Bound	Upper Bound
Jumlah permintaan (kg)	525	725	500	700	500	700
Goal 1 (x 1000)	5.095	7.045	4.950	6.920	4.950	6.920
Goal 2 (kg)	25.5	31.5	9	15	9	15
Goal 3 (kg)	57.5	67.5	10	20	10	20

Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 1*, yaitu meminimalkan biaya pengadaan buah mangga, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 525-725 kg. Untuk jumlah permintaan 525 kg, biayanya adalah Rp 5.095.000, ekspektasi buah cacat adalah 25,5 kg, dan ekspektasi

keterlambatan buah datang adalah 57,5 kg. Untuk jumlah permintaan 725 kg, biayanya adalah Rp 7.045.000, ekspektasi buah cacatnya adalah 31,5 kg, dan ekspektasi keterlambatan buah datang adalah 67,5 kg.

Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 2*, yaitu meminimalkan jumlah buah mangga cacat, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 500-700 kg. Untuk jumlah permintaan 500 kg, biayanya adalah Rp 4.950.000, ekspektasi buah cacat adalah 9 kg, dan ekspektasi keterlambatan buah datang adalah 15 kg. Untuk jumlah permintaan 700 kg, biayanya adalah Rp 6.920.000, ekspektasi buah cacatnya adalah 15 kg, dan ekspektasi keterlambatan buah datang adalah 20 kg.

Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 3*, yaitu meminimalkan jumlah keterlambatan buah datang, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 500-700 kg. Untuk jumlah permintaan 500 kg, biayanya adalah Rp 4.950.000, ekspektasi buah cacat adalah 9 kg, dan ekspektasi keterlambatan buah datang adalah 15 kg. Untuk jumlah permintaan 700 kg, biayanya adalah Rp 6.920.000, ekspektasi buah cacatnya adalah 15 kg, dan ekspektasi keterlambatan buah datang adalah 20 kg.

BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan yang lebih baik.

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan proses-proses yang telah dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, di antaranya adalah :

1. Metode *relaxed-normalized goal programming* mampu menjadi metode penyelesaian untuk kasus multi tujuan, yang mana dalam tugas akhir ini terkait pengoptimalan dalam proses pengadaan produk buah mangga Giant Ekstra Diponegoro Surabaya.
2. Kedua model baik yang diimplementasi di program Matlab maupun QM dapat diaplikasikan dalam mencoba menentukan *supplier* jenis buah lainnya. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menyesuaikan data masukan dari penentuan *supplier* jenis buah lainnya yang diangkat.
3. Proses validasi model dilakukan dengan mencoba program penelitian menggunakan studi kasus yang terdapat pada *paper* penelitian O.Jadidi, et al. (2014) yang sudah memiliki hasil valid. Setelah hasilnya dibandingkan, hasil program Matlab menunjukkan nilai $E2$ (*Error Variance*) sebesar 4,16%. Sedangkan hasil model yang dikerjakan di QM menunjukkan nilai *error variance* sebesar 4,18%. Dengan begitu, kedua model sudah dapat dianggap valid karena nilai $E2$ kurang dari 30%.
4. Terdapat dua solusi terbaik untuk studi kasus Giant Diponegoro.
 - Solusi pertama : Solusi yang diperoleh dari program Matlab. Namun, program ini tidak dapat memenuhi seluruh permintaan Giant. Hal tersebut

masih diperbolehkan karena tingkat *error variance*-nya hanya sebesar 1,16%.

- Solusi kedua : Solusi yang diperoleh dari percobaan Skenario 1 (pemberian prioritas tertinggi pada *goal 1*, yaitu meminimalkan biaya pengadaan produk buah mangga) dan Skenario 4 (pemberian prioritas yang sama rata antara semua *goal* yang ada) menggunakan QM. Kedua skenario ini memiliki hasil yang sama persis.
5. Jumlah alokasi pesanan buah mangga ke masing-masing *supplier* terpilih untuk memenuhi permintaan Giant secara optimal adalah seperti berikut :
 - Solusi pertama : *Supplier* 1 sebanyak 118 kg, *supplier* 2 sebanyak 203 kg, *supplier* 4 sebanyak 97 kg, dan *supplier* 5 sebanyak 175 kg
 - Solusi kedua : *Supplier* 2 sebanyak 300 kg, *supplier* 3 sebanyak 25 kg, *supplier* 4 sebanyak 100 kg, dan *supplier* 5 sebanyak 175 kg
 6. Tingkat konsistensi (R_k^-) untuk solusi pertama, solusi dari program Matlab, tidak memiliki tingkat konsistensi yang sama di antara semua *goal* namun semua R_k^- memiliki hasil lebih dari 0. Hal ini menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan Matlab lebih baik dari target yang diinginkan Giant.
 7. Tingkat konsistensi (R_k^-) untuk solusi kedua, solusi Skenario 1 dan 4 pada QM hampir memiliki tingkat konsistensi yang sama di antara semua *goal* dan semua R_k^- memiliki hasil lebih dari 0. Hal ini menunjukkan bahwa solusi yang dihasilkan Skenario 1 pada QM lebih baik dari target yang diinginkan Giant.
 8. Dari hasil analisis sensitivitas, didapatkan interval (*range*) agar hasil tetap optimal pada masing-masing *goal* seperti berikut ini :
 - Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 1*, yaitu meminimalkan biaya pengadaan buah mangga, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 525-725 kg.

- Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 2*, yaitu meminimalkan jumlah buah mangga cacat, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 500-700 kg.
- Jika Giant ingin memprioritaskan *Goal 3*, yaitu meminimalkan jumlah keterlambatan buah datang, maka jumlah permintaan optimal berada di kisaran 500-700 kg.

7.2. Saran

Dari pengerjaan tugas akhir ini, terdapat hal-hal yang dapat diperbaiki lagi. Untuk pengembangan yang lebih baik lagi, dapat ditambahkan kriteria-kriteria kualitatif (*intangibile*) di dalam model permasalahan multitujuan. Biasanya, model matematis hanya mempertimbangkan kriteria kuantitatif. Padahal sesungguhnya masalah yang ada di dunia nyata harus mempertimbangkan baik dari segi kualitatif maupun kuantitatif. Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) atau *Analytic Network Process* (ANP) dapat dikombinasikan dengan model matematis seperti *relaxed-normalized goal programming* ini sehingga dapat menghasilkan solusi yang jauh lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wirdianto and E. Unbersa, "Aplikasi Metode Analytical Hierarchy Process dalam Menentukan Kriteria Penilaian Supplier," 2008.
- [2] G. Dickson, "An Analysis of Vendor Selection: Systems and Decisions," *Journal of Purchasing*, pp. 5-17, 1966.
- [3] G. Wang, S. Hang and J. Dismukes, "Product-driven supply chain selection using integrated multi-criteria decision making methodology," *International Journal of Production Economics*, vol. 91, pp. 1-15, 2004.
- [4] S. Ghodsypour and C. O'Brien, "A decision support system for supplier selection using an integrated analytical hierarchy process and linear programming," *International Journal of Production Economics*, Vols. 56-57, pp. 199-212, 1998.
- [5] O. Jadidi, S. Cavalieri and S. Zolfaghari, "An improved multi-choice goal programming approach for supplier selection problems," *Applied Mathematical Modelling*, 2014.
- [6] R. Caballero, T. Gomez and F. Ruiz, "Goal programming: realistic targets for the near future," *Journal Multi-Criteria Decision Analytics*, pp. 79-110, 2009.
- [7] M. Kumar, P. Vart and R. Shankar, "A fuzzy goal programming approach for supplier selection problem in a supply chain," *Computers and Industrial Engineering*, pp. 69-85, 2004.
- [8] A. Amid, S. Ghodsypour and C. O'Brien, "A weighted max-min model for fuzzy multi-objective supplier selection in a supply chain," *International Journal of Production Economics*, pp. 139-145, 2011.
- [9] O. Ustun and E.A. Demirtas, "Multi-period lot-sizing with supplier selection using achievement scalarizing

- functions," *Comput. Ind. Eng.*, 2008.
- [10] S. Nazari-Shirkouhi, H. Shakouri, B. Javadi and A. Keramati, "Supplier selection and order allocation problem using a two-phase fuzzy multi-objective linear programming," *Applied Mathematics Modelling*, 2013.
- [11] O. Jadidi, S. Zolfaghari and S. Cavalieri, "A new normalized goal programming model for multi-objective problems: A case of supplier selection and order allocation," *Int. J. Production Economics*, 2014.
- [12] D. Choudhary and R. Shankar, "A goal programming model for joint decision making of inventory lot-size, supplier selection and carrier selection," *Computers & Industrial Engineer*, 2014.
- [13] D. Simchi-levi, *Designing and managing the supply chain*, Mac Grawhill.
- [14] S. Chopra and P. Meindl, *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operating*, Prentice Hall.
- [15] L. Rahmasari, "Pengaruh Supply Chain Management Terhadap Kinerja Perusahaan dan Keunggulan Bersaing," *Majalah Ilmiah INFORMATIKA*, 2011.
- [16] E. A. Demirtas and O. Ustun, "An Integrated Multi-objective Decision Making Process for Supplier," 2005.
- [17] H. A. Simon, "Making management decisions: the role of intuition and emotion," *Academy of Management Executive*, vol. 1, no. 1, pp. 57-64, 1987.
- [18] N. C. Shil, "A case on vendor selection methodology : An integrated approach," 2009.
- [19] R. Taylor, "Goal Programming Approach to Marketing/Production Planning," *Industrial Marketing Management*, 1979.
- [20] Y. Barlas, "Formal aspects of model validity and

validation in system dynamics," *System Dynamics Review*, vol. 12, pp. 183-210, 1996.

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Medan pada tanggal 15 November 1994. Merupakan anak keempat dari 4 bersaudara. Penulis telah menempuh beberapa pendidikan formal yaitu: SD IKAL Medan, SMP Shafiyatul Amaliyyah, SMAN 1 Medan dan SMAN 1 Depok.

Pada tahun 2012 pasca kelulusan SMA, penulis melanjutkan pendidikan dengan jalur SNMPTN tulis di Jurusan Sistem Informasi FTif – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 5212100101. Selama menjadi mahasiswa, penulis telah mengikuti kegiatan kemahasiswaan seperti beberapa kepanitiaan serta aktif menjadi staff Departemen Dalam Negeri Himpunan Mahasiswa Sistem Informasi (HMSI) dan sebagai Kepala Divisi Internal Departemen Dalam Negeri pada tahun ketiganya. Di samping organisasi, penulis juga aktif dalam pelatihan, yakni mengikuti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM) sampai tingkat menengah (LKMM TM)

Pada tahun keempat, karena penulis tertarik dengan pengolahan data serta riset operasi, maka penulis mengambil bidang minat Rekayasa Data dan Intelegensia Bisnis (RDIB). Penulis dapat dihubungi melalui *email* syahputra.marpaung@gmail.com.