

OPTIMASI TOTAL BIAYA INVENTORI DENGAN ALGORITMA GENETIKA UNTUK KOORDINASI DUA LEVEL RANTAI PASOK YANG MEMPERTIMBANGKAN BARANG CACAT

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri



Nama : Asmawi Asgar

No. Mahasiswa : 10522327

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2014**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA

Demi Allah, saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 12 November 2014



Asmawi Asgar

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

OPTIMASI TOTAL BIAYA INVENTORI DENGAN ALGORITMA
GENETIKA UNTUK KOORDINASI DUA LEVEL RANTAI PASOK YANG
MEMPERTIMBANGKAN BARANG CACAT



TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Asmawi Asgar

No. Mahasiswa : 10522327

الجامعة الإسلامية الإندونيسية

Yogyakarta, 24 November 2014

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**OPTIMASI TOTAL BIAYA INVENTORI DENGAN ALGORITMA
GENETIKA UNTUK KOORDINASI DUA LEVEL RANTAI PASOK YANG
MEMPERTIMBANGKAN BARANG CACAT**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Asmawi Asgar
No. Mahasiswa : 10522327

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 24 November 2014

Tim Penguji

Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc.

Ketua Penguji

Taufiq Imawan, S.T., M.M

Anggota I

Nashrullah Setiawan, S.T., M.Sc

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAAN

Karya ini kupersembahkan untuk
Kedua orangtua ku tersayang
Bapaku DRS. Asmawi Akbar SH.MH dan Ibuku Harisi Jaelani
Kakak ku Irma Asmawati Putri dan Farida Harastuti,
Adik ku Arif Hidayat Ashari
Yang selalu memberikan doa, dukungan, dorongan semangat, cinta kasih, air
mata, dan seluruh daya upaya untuk Terimakasih atas semua kesabaran,
dukungan penantian untuk Tugas Akhir ini.
Untuk Dosen Pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc dan
keluarga dengan sabar membimbing dan membantu dalam menyelesaikan
Tugas Akhir ini.
Untuk teman-teman teknik Industri UII angkatan 2010 dan semua pihak yang
tidak bisa disebutkan satu per satu terimakasih untuk semangat dan
dukungannya.

HALAMAN MOTO

بَلِّغُوا عَنِّي وَلَوْ آيَةً

“Sampaikanlah dariku walau hanya satu ayat” (HR. Bukhari)

إِنَّ اللَّهَ يُدْخِلُ الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ جَنَّاتٍ تَجْرِي مِنْ
تَحْتِهَا الْأَنْهَارُ ۚ إِنَّ اللَّهَ يَفْعَلُ مَا يُرِيدُ

“Sesungguhnya Allah memasukkan orang-orang yg beriman & mengerjakan amal yg saleh ke dalam surga-surga yg di bawahnya mengalir sungai-sungai. Sesungguhnya Allah berbuat apa yg Dia kehendaki” (QS. Al Hajj : 14)

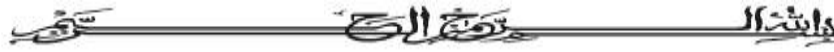
فَاذْكُرُونِي أَذْكُرْكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُونِ

“Ingatlah kamu sekalian kepada-Ku niscaya Aku ingat kepadamu, serta Bersyukurlah kepada-Ku, dan janganlah kamu mengingkari nikmat-Ku.” (QS. Al-Baqarah : 152)

يَرْفَعُ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ ۚ وَاللَّهُ بِمَا
تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.” (Q.s. Al-Mujadalah : 11)

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakatuh

Puji syukur senantiasa penyusun panjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat serta hidayah-Nya yang diberikan sehingga seluruh rangkain Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan diberi kelancaran. Alhamdulillah Sholawat serta salam tak lupa dihanturkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat beliau agar selalu dilimpahkan rahmat dan syafa'atnya.

Laporan Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses pelaksanaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari doa, bimbingan, dorongan, dan bantuan baik dalam bentuk mental, spiritual, maupun material dari banyak pihak yang sekiranya memiliki peran penting. Oleh karena itu, dalam kesempatan yang berbahagia ini penyusun mengucapkan wa syukron wa alhamdulillah kepada :

1. Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Ketua Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. R. Chairul Saleh, M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, saran serta waktunya dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tua tercinta beserta keluarga yang selalu memberi dukungan, semangat, dan do'a kepada penyusun.

5. Semua pihak-pihak yang sudah berpartisipasi dan memberi dukungan penting yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa masih terdapat kekurangan pada Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu, penyusun mengharapkan saran dan kritik yang sekiranya dapat membangun penyusun agar menjadi lebih baik lagi kelak. Amin. Amin Ya Rabbalamin.

Wassalamu'alaikum warrahmatullahi wabarakatuh

Yogyakarta , 12 November 2014

Asmawi Asgar

ABSTRAK

Perkembangan kajian tentang koordinasi rantai pasok hingga saat ini menjadi kajian yang menarik untuk diteliti oleh peneliti di seluruh dunia. Berbagai model telah dikembangkan dan diteliti. Selain itu masalah yang dihadapi adalah jumlah *vendor* dan *buyer* serta adanya barang cacat. Berbagai metode penyelesaian telah digunakan termasuk teknik heuristik seperti algoritma genetika. Pada penelitian ini model *Economic Order Quantity* (EOQ) pada level *single-vendor single-buyer* dimodifikasi menjadi *single-vendor multi-buyer*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengoptimasi total biaya inventori dengan algoritma genetika untuk dua level rantai pasok yang memprtimbangkan barang cacat. Hasil yang didapat dari penelitian ini adalah algoritma genetika memberikan total biaya inventori yang lebih optimal yaitu sebesar 66044 USD. Hal ini menyebabkan peningkatan efisiensi total biaya inventori sebesar 5,2% .

Kata kunci: *Economic Order Quantity, Single-Vendor Multi-Buyer, Algoritma Genetika*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TA.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I	
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II	
KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Induktif	7
Notasi.....	11
2.1.1 <i>Supply Chain Management</i> (Rantai Pasok)	16
2.1.2 Fungsi Manajemen Rantai Pasok di Perusahaan	18
2.1.3 Penggerak <i>Supply chain</i>	19
2.2 <i>Economic Order Quantity</i> (EOQ)	21

2.3	Algoritma Genetika	25
2.3.1	Hal-Hal Yang Harus Dilakukan Dalam Algoritma Genetika	27
2.3.2	Pengertian Individu.....	27
2.3.3	Nilai <i>Fitness</i>	29
2.3.4	Siklus Algoritma Genetika.....	30
2.3.5	Tahapan-tahapan dalam Algoritma Genetika	31
2.4	Kerangka Penelitian	37
2.5	Penjelasan Kerangka Penelitian	38
BAB III		
METODE PENELITIAN		40
3.1	Fokus dan Lokasi Penelitian	40
3.2	Konseptual Model	40
3.3	Pengembangan Model	42
3.3.1	Notasi Model <i>Single-Vendor Multi-Buyer</i>	42
3.3.2	Model Rantai Pasok <i>Single-Vendor Multi-Buyer</i>	44
3.4	Model dengan Algoritma Genetika.....	49
3.5	Pengambilan data	53
3.6	Kerangka Pemikiran dalam Penelitian	54
3.7	Penjelasan Kerangka Penelitian	55
BAB IV		
PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		57
4.1	Data	57
4.1.1	Data <i>Vendor</i>	57
4.1.2	Data <i>Buyer</i>	57
4.1.3	Perhitungan Total Biaya Inventori yang Diharapkan Rantai Pasok <i>Single-Vendor Multi-Buyer</i>	58
4.2	Optimasi Algoritma Genetika	62
4.3	Hasil Optimasi Algoritma Genetika.....	68
BAB V		
PEMBAHASAN.....		71
5.1	Analisis Dampak Terhadap Variabel Keputusan	71

5.2	Optimasi Model Dengan Algoritma Genetika	72
BAB VI		
KESIMPULAN DAN SARAN		74
6.1	Kesimpulan	74
6.2	Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....		76
LAMPIRAN.....		79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi-Fungsi Utama <i>Supply chain</i> (Pujawan, 2005)	18
Tabel 4.1 Data <i>Vendor</i>	57
Tabel 4.2 Data inventori <i>Buyer</i>	58
Tabel 4.3 Hasil percobaan populasi terbaik.....	64
Tabel 4.4 Hasil Percobaan kecepatan mutasi terhadap populasi	65
Tabel 4.5 Hasil Percobaan mutasi terhadap gen	67
Tabel 4.6 Perbandingan Perhitungan Model EOQ dan Algoritma Genetika.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Profile</i> total inventori <i>vendor</i>	10
Gambar 2.2 profile inventori <i>buyer</i>	10
Gambar 2.3 Ilustrasi representasi penyelesaian permasalahan dalam algoritma genetika	29
Gambar 2.4 Siklus algoritma genetika.....	30
Gambar 2.5 Siklus algoritma genetika.....	31
Gambar 2.6 Skema pengkodean <i>Binary Encoding</i>	34
Gambar 2.7 Skema Pengkodean <i>Discreate decimal encoding</i>	35
Gambar 2.8 Skema pengkodean <i>Real-number encoding</i>	35
Gambar 2.9 Mutasi kromosom	35
Gambar 2.10 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 3.1 Konseptual Model <i>Single-Vendor Multi-Buyer</i>	41
Gambar 3.2 Diagram Alir Algoritma Genetika	49
Gambar 3.3 Contoh Representasi	51
Gambar 3.4 Representasi Kromosom pada variabel keputusan	51
Gambar 3.5 <i>Crossover</i>	52
Gambar 3.6 Mutasi	52
Gambar 3.7 Kerangka Pemikiran.....	54
Gambar 4.1 Hasil pencarian generasi yang mencakupi untuk konvergensi optimal	63
Gambar 4.2 Hasil Populasi Terbaik.....	65
Gambar 4.3 Hasil percobaan kecepatan mutasi terhadap populasi.....	66
Gambar 4.4 Hasil percobaan mutasi terhadap gen terbaik	68
Gambar 4.5 Variabel keputusan kuantitas pesanan sebelum dan sesudah optimasi.....	69
Gambar 4.6 Variabel keputusan frekuensi pengiriman sebelum dan sesudah optimasi.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan bisnis di dunia industri semakin ketat dan persaingan antar perusahaan dalam memberikan pelayanan terbaik menjadi hal yang sangat penting. Untuk dapat memenangkan persaingan tersebut, salah satu cara adalah dengan menerapkan manajemen rantai pasok dengan baik. Berdasarkan hal tersebut dapat dikatakan bahwa peningkatan persaingan bisnis menjadi salah satu pemicu munculnya manajemen rantai pasok.

Menurut Pujawan et al. (2009) manajemen rantai pasok merupakan metode atau pendekatan integrasi untuk mengelola aliran produk, informasi dan uang secara bersama dan melibatkan pihak-pihak mulai dari hulu ke hilir yang terdiri dari pemasok, pabrik, jaringan distribusi maupun jasa-jasa logistik. Sedangkan Simchi-Levi, (2005) mendefinisikan manajemen rantai pasok sebagai pendekatan dalam mengelola inventori dan distribusi secara terintegrasi. Dalam hal ini, terjadi integrasi antara pemasok dan pembeli untuk mengoptimalkan biaya secara keseluruhan.

Dalam kaitannya dengan rantai pasok, inventori menjadi hal yang perlu diperhatikan oleh perusahaan. Hal ini dikarenakan inventori dapat menyebabkan pemborosan dan memicu peningkatan dalam hal biaya. Disisi lain inventori juga dianggap penting dan diperlukan dalam menjamin kelancaran rantai pasok khususnya bagi para pelaku yakni pemasok dan

pembeli (Heizer, Render, & Weiss, 2004). Para pelaku rantai pasok perlu melakukan manajemen inventori proaktif agar mengoptimalkan biaya dalam penanganan persediaan. Oleh karena itu dibutuhkan kerjasama yang baik antar pelaku rantai pasok agar dapat meminimalkan biaya inventori. Untuk mencapai hal tersebut perusahaan harus menentukan ukuran kuantitas pesanan (*lot* pesanan) secara bersama-sama atau terintergrasi. Penentuan ukuran lot yang memperhatikan kepentingan bersama dikenal dengan istilah *Joint Economic Lot Size (JELS)*.

Pasandideh et al. (2011) berpendapat bahwa berbagai model dalam sistem inventori telah diusulkan dan ditujukan untuk memecahkan masalah dalam skenario yang berbeda. Salah satu model untuk menentukan kuantitas pesanan optimal (*lot* pesanan) adalah *Economic Order Quantity (EOQ)*. Menurut Teng (2009) EOQ merupakan suatu model yang populer dalam manajemen *supply chain*. Hal ini dikarenakan adanya kesederhanaan penggunaan, kesederhanaan konsep, dan ketahanan dalam penggunaannya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meminimasi total biaya inventori seperti Huang (2004) mengembangkan model EOQ untuk menentukan kebijakan inventori yang optimal pada level *single-vendor single-buyer* yang terintegrasi dengan mempertimbangkan barang cacat dan ketidakpastian proses produksi. Kemudian Hsu et al. (2012) dalam menentukan kebijakan inventori optimal mempertimbangkan barang cacat dan kesalahan inspeksi pada level *single-vendor single-buyer* yang terintegrasi. Namun, model EOQ tersebut dibangun berdasarkan beberapa asumsi dan penerapannya terikat dalam sistem nyata, sehingga perlu adanya perbaikan dalam mengoptimasi total biaya inventori dengan metode-metode heuristik seperti algoritma genetika (Pasandideh et al.2010).

Pasandideh et al. (2011) menggunakan algoritma genetika pada level *single-vendor single-buyer* untuk menentukan kuantitas pesanan yang optimal dan tingkat *backorder* yang maksimum sehingga dapat meminimalkan biaya total persediaan. Kemudian Chairul Saleh et al. (2014) menerapkan algoritma genetika untuk mengoptimasi kasus *single-vendor multi-retailer* menggunakan model *game teory stackleberg* sehingga dapat meningkatkan keuntungan pada *vendor*.

Wahab et al. (2011) juga mengusulkan bahwa model EOQ digunakan untuk menentukan kuantitas pesanan optimal untuk dua tingkat rantai pasokan yaitu *single-vendor* dan *single-buyer* yang terkoordinasi dengan mempertimbangkan produk cacat disetiap pengiriman. Namun model tersebut baru di aplikasikan terhadap *single vendor single buyer*. Sehingga memunculkan ide untuk mengembangkan penelitian yang dilakukan oleh Wahab et al. (2011) dimana dilakukan modifikasi model dari *single-vendor single-buyer* menjadi *single-vendor multi-buyer*. Namun demikian perlu dipertimbangkan bahwa perubahan jumlah *buyer* akan merubah konstruksi dan jumlah biaya yang harus dikeluarkan oleh keduanya yaitu *vendor* dan *buyer*. Selanjutnya model akan dioptimasi dengan algoritma genetika.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan maka dapat diambil kesimpulan bahwa rumusan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut:

1. Berapakah dampak pengaruh perubahan nilai variabel keputusan kuantitas pesanan (q) dan frekuensi pengiriman (n) setelah dilakukan optimasi?

2. Berapakah total biaya inventori optimal pada *single-vendor multi-buyer* jika dioptimasi dengan algoritma genetika?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan dengan lancar maka terdapat beberapa batasan permasalahan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di perpustakaan Mohammad Hatta Universitas Islam Indonesia.
2. Untuk menganalisa model digunakan data numerik yang dibangun berdasarkan asumsi dan mengikuti pola dasar yang digunakan (Wahab et al., 2011).
3. Matematika modeling diprogram dalam *software* Ms. Excel 2013.
4. Penelitian difokuskan untuk mengoptimasi model EOQ pada level *single-vendor multi-buyer* dengan menggunakan algoritma genetika.
5. Optimasi dilakukan dengan *software* algoritma genetika NLI-gen®

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah diatas maka tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis dampak pengaruh perubahan nilai variabel keputusan setelah dioptimasi menggunakan algoritma genetika.
2. Mengoptimasi model EOQ *single-vendor multi-buyer* dengan algoritma genetika.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas maka hasil yang diperoleh dari kajian ini akan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat mengisi data base ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang sistem produksi yang terfokus pada penelitian *supply chain management* untuk keberlangsungan (*sustainability supply chain*).

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini disusun berdasarkan sistematika terstruktur dengan baik seperti berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I diuraikan tentang latar belakang peneitian, rumusan permasalahan yang melhairkan pertanyaan, batasan, tujuan penelitian, dan manfaat penelitian

BAB II KAJIAN LITERATUR

Pada bab II sebagai kajian literature akan dipresentasikan hasil kajian induktif dan deduktif. Kajain induktif adalah kajian yang memaparkan hasil-hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar kajian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Sedangkan kajian deduktif adalah landasan teori yang mendukung dan akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian yang dihadapi. Kajian induktif diperoleh dari jurnal proseding dan

hasil penelitian yang dipublikasi. Sedangkan kajian deduktif didapatkan dari buku *text* yang telah bersifat umum.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab III akan dipresentasikan metodologi penelitian yang terdiri dari beberapa pembahasan seperti lokasi, fokus penelitian, identifikasi variable dan parameter yang akan diteliti dan rancangan perancangan model, data yang diperlukan dan cara menganalisa data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab IV menguraikan cara pengumpulan dan pengolahan data baik melalui tabel ataupun gambar serta hasil dari analisa data yang dapat melahirkan kesimpulan implicit atau tidak langsung dari penelitian yang akan digunakan.

BAB V PEMBAHASAN

Pada bab V pembahasan akan melakukan diskusi hasil yang akan dibahas dan mengungkap secara implicit kesimpulan yang akan diberiukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Isi bab ini adalah hasil kesimpulan yang diperoleh dari pembahasan hasil dan diikuti saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

Pada bab II sebagai kajian literatur akan dipresentasikan hasil kajian induktif dan deduktif. Kajian induktif adalah kajian yang memaparkan hasil-hasil penelitian terdahulu yang menjadi dasar kajian yang akan dilakukan dalam tugas akhir ini. Sedangkan kajian deduktif adalah landasan teori yang mendukung dan akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian yang dihadapi. Kajian induktif diperoleh dari jurnal proseding dan hasil penelitian yang dipublikasi. Sedangkan kajian deduktif didapatkan dari buku *text* yang telah bersifat umum.

2.1 Kajian Induktif

Rantai pasok merupakan jaringan perusahaan-perusahaan yang memproduksi, menjual dan mengirimkan produk atau jasa untuk segmen pasar yang telah ditentukan (Chopra et al. 2001). Rantai pasok terdiri dari semua tahap yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam memenuhi permintaan pelanggan. Rantai pasokan tidak hanya mencakup produsen dan pemasok, tetapi juga transporter, gudang, pengecer, dan pelanggan sendiri (Chopra, 2003). Untuk mendapatkan hasil yang maksimal perlu adanya manajemen dalam rantai pasok, seperti aktivitas dan keputusan yang saling terkait untuk mengintegrasikan pemasok, manufaktur, gudang, jasa transportasi, pengecer dan konsumen secara efisien (Ling Li 2007). Secara umum ada tiga aspek utama dalam manajemen rantai pasok yaitu aspek produsen dan

pembeli, aspek produksi dan distribusi, serta aspek inventori dan distribusi yang memiliki berbagai tujuan. Secara khusus tujuan dalam aspek inventori dan distribusi adalah untuk mengoptimalkan total biaya inventori sehingga dibutuhkan kerjasama atau koordinasi yang baik antar pihak dalam rantai pasok (Griffin et al. 1996). Oleh karena itu penentuan kebijakan kuantitas pesanan (ukuran lot) menjadi penting untuk diperhatikan bersama dalam mengoptimalkan biaya inventori yang terintegrasi dalam sistem rantai pasok. Penentuan ukuran lot yang memperhatikan kepentingan bersama dikenal dengan istilah *Joint Economic Lot Size (JELS)*.

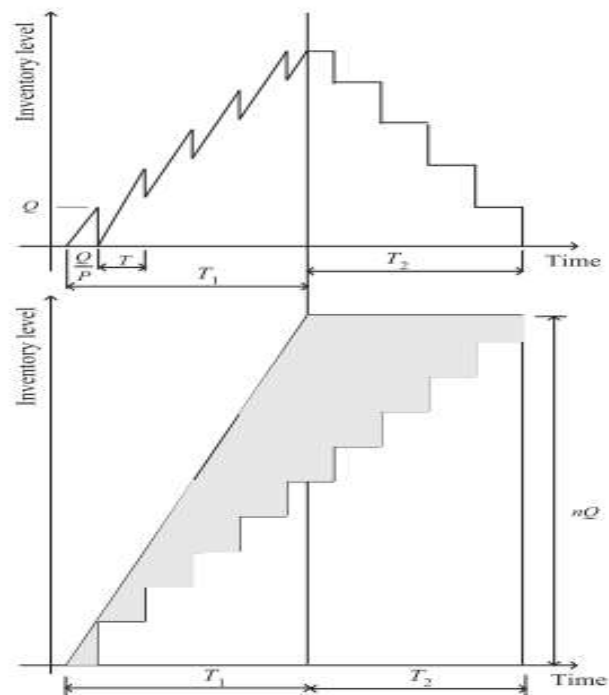
Model JELS dikembangkan oleh Banarjee et al., (1986) untuk kasus yang khusus dimana vendor hanya memproduksi sesuai dengan pesanan *buyer* secara *lot-for-lot*. Kemudian (Goyal et al., 1988) mengembangkan model JELS dengan adanya asumsi *lot-for-lot* dengan biaya yang lebih rendah. Selanjutnya Goyal et al. (1995) mengembangkan model JELS untuk keadaan yang berbeda seperti ukuran pengiriman berbeda, frekuensi pengiriman yang sama dan tidak sama pada satu siklus. Goyal dan Gupta (2000) menyatakan penerapan JELS di rantai pasok adalah langkah awal tercapainya koordinasi pada rantai pasok.

Model integrasi dalam rantai pasok sudah banyak diteliti seperti yang dilakukan oleh Hoque and Goyal (2000) mengembangkan prosedur solusi optimal untuk *single-vendor single-buyer* pada sistem produksi-inventori dengan ukuran pengiriman sama dan tidak sama dari *vendor* kepada *buyer* dan dibawah kendala kapasitas peralatan transportasi. Kemudian Hsu et al. (2012) menentukan inventori yang optimal pada level *single-vendor single-buyer* yang terintegrasi dengan mempertimbangkan adanya barang cacat pada proses produksi dan kesalahan proses inspeksi. Sedangkan Chan et al. (2007) menentukan total biaya inventori

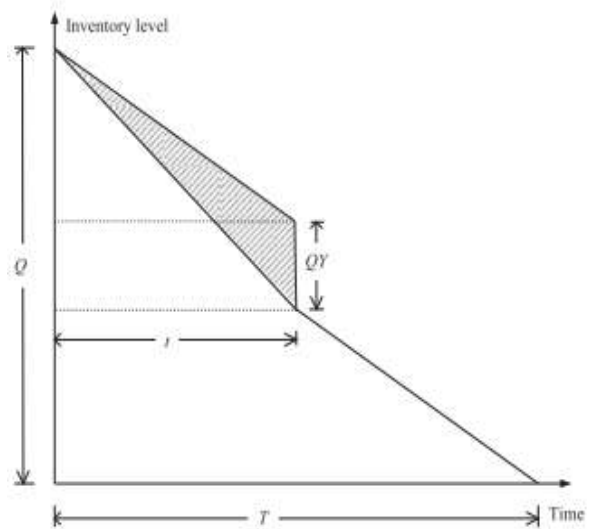
pada level *single-vendor multi-buyer* yang terintegrasi dengan mensinkronisasi pengiriman dan siklus produksi. Hasil yang diperoleh model integrasi memberikan pengurangan biaya yang signifikan dibandingkan dengan keputusan dari salah satu pihak.

Banyak metode yang digunakan dalam mengoptimalkan total biaya inventori, namun beberapa tahun terakhir, beberapa peneliti telah menerapkan algoritma genetika (AG) sebagai suatu teknik optimasi untuk memecahkan masalah produksi-inventori. Misalnya (Pasandideh et al. 2011) mengusulkan sebuah model EOQ multi-produk yang tidak hanya mempertimbangkan kapasitas penyimpanan, tetapi juga mengasumsikan jumlah pesanan terbatas, dan mereka menggunakan algoritma genetika untuk menyelesaikannya. (Yang et. al 2012) mengusulkan metode Algoritma Genetika untuk memecahkan sistem inventori multi-pengecer, multi-produk dan multi-periode dengan *backlogging* dan kapasitas transportasi. (Nachiappan et al.,2007) merumuskan masalah *Non-linear Integer-Programming* (NIP) dan mengusulkan metode GA berbasis heuristik untuk menemukan jumlah penjualan yang optimal untuk setiap pembeli.

Penelitian pada level *single-vendor single-buyer* telah dilakukan oleh Wahab et al., (2011) untuk menentukan kuantitas pesanan optimal (q^*) dan frekuensi pengiriman optimal (n^*) sehingga dapat meminimalkan total biaya inventori secara keseluruhan dalam system rantai pasok terintegrasi. Adapun model yang dibangun oleh (Wahab et al., 2011) berdasarkan gambar 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.1 *Profile total inventori vendor*



Gambar 2.2 *profile inventori buyer*

Notasi

P	adalah tingkat produksi	(unit/years)
D	adalah permintaan	(unit/years)
h_v	adalah biaya penyimpanan <i>vendor</i>	(USD/unit/years)
S_v	adalah biaya setup <i>vendor</i>	(USD/order)
S_b	adalah biaya pemesanan	(USD/order)
Q	adalah kuantitas	(unit)
n	adalah banyak pengiriman	(unit)
F_b	adalah biaya transportasi	(USD/delivery)
Y	adalah persentase barang cacat	(%)
x	adalah banyaknya barang yang disaring	(unit)
d	adalah biaya penyaringan	(USD/unit)
h_b	adalah biaya penyimpanan buyer	(USD/unit/years)
F_v	adalah biaya transportasi tetap	(USD/delivery)
C_v	adalah biaya variabel transportasi	(USD/unit)
T	Waktu siklus	Tahun

Berdasarkan notasi diatas (Wahab et al. 2011) membangun model EOQ *single-vendor single buyer* dengan model matematika sebaga berikut:

A. Biaya yang diharapkan *buyer* per satuan waktu

- Biaya penyimpanan *buyer*

$$H(Q, Y)_b = \left(\frac{YQ^2}{2x} + \frac{Q(1-Y)T}{2} \right) \quad \dots \text{Pers (2.1)}$$

Kemudian mensubstitusikan $T = (1-Y) (Q/D)$ ke persamaan (2.1)

$$E[UH(Q, Y)_b] = \frac{h_b}{E[T]} \left(\frac{Q^2 E[Y]}{2x} + \frac{Q^2 E[(1-Y)^2]}{2D} \right) \quad \dots \text{Pers (2.2)}$$

- Biaya *setup*, transportasi, dan penyaringan *buyer*

$$\begin{aligned} E[UTC(Q, n)]_b &= \frac{h_b}{E[T]} \left(\frac{Q^2 E[Y]}{2x} + \frac{Q^2 E[(1-Y)^2]}{2D} \right) \\ &+ \frac{1}{E[T]} \left[\left(\frac{S_b}{n} + F_b \right) + Qd \right] \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (2.3)}$$

Kemudian mensubstitusi $E[T] = \left(\frac{Q}{D} \right) (1 - E[Y])$ dalam persamaan (2.3), dapat dinyatakan seperti berikut:

$$\begin{aligned} E[UTC(Q, n)]_b &= \frac{D}{(1 - E[Y])} \left[\frac{Qh_b}{2} \left(\frac{E[Y]}{x} + \frac{E[(1-Y)^2]}{D} \right) \right. \\ &\left. + \frac{1}{Q} \left[\left(\frac{S_b}{n} F_b \right) + d \right] \right] \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (2.4)}$$

B. Biaya yang diharapkan *vendor* per satuan waktu

- Biaya Penyimpanan *vendor*

$$H_1(Q, n, Y)_v = \left[\left\{ nQ \left(\frac{Q}{p} + (n-1)T \right) - \frac{n^2 Q^2}{2P} \right\} - T[Q + 2Q + \dots + (n-1)Q] \right] \quad \dots \text{Pers (2.5)}$$

Oleh karena itu, biaya penyimpanan yang diharapkan per satuan waktu dari akumulasi persediaan yang dituliskan dalam Persamaan. (2.5) dinyatakan sebagai berikut:

$$E[UH_1(Q, n, Y)]_v = \frac{h_v Q^2}{E[T]} \left[\frac{1}{P} \left(1 - \frac{n}{2} \right) + \frac{1}{2D} (n-1)(1 - E[Y]) \right] \quad \dots \text{Pers (2.6)}$$

- Total persediaan barang cacat

$$H_2(Q, n, Y)_v = \frac{nQ^2}{2x} \quad \dots \text{Pers (2.7)}$$

Oleh karena itu, biaya penyimpanan yang diharapkan per satuan waktu dari barang yang cacat dituliskan dalam persamaan (2.7) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$E[UH_2(Q, n, Y)]_v = \frac{h_b Q^2 E[Y]}{2xE[T]} \quad \dots \text{Pers (2.8)}$$

- *Setup* dan biaya transportasi *vendor*:

$$n(F_v + C_v YQ). \quad \dots \text{Pers (2.9)}$$

Total biaya yang diharapkan *vendor* per satuan waktu.

$$\begin{aligned} E[UTC(Q, n)]_v &= \frac{h_v Q^2}{E[T]} \left[\frac{1}{P} \left(1 - \frac{n}{2} \right) + \frac{1}{2D} (n-1)(1 - E[Y]) \right] \\ &\quad + \frac{h_b Q^2 E[Y]}{2xE[T]} + \frac{(F_v + C_v Q E[Y])}{E[T]} + \frac{S_v}{nE[T]} \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (2.10)}$$

Subtitusikan $E[T] = \left(\frac{Q}{D} \right) (1 - E[Y])$ ke persamaan 2.9, dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E[UTC(Q, n)]_v &= DQ \left[\frac{h_v}{P(1 - E[Y])} \left(1 - \frac{n}{2} \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{h_v}{2D} (n-1) + \frac{h_b E[Y]}{2x(1 - E[Y])} \right] \\ &\quad + \frac{D}{Q(1 - E[Y])} \left[F_v + \frac{S_v}{n} \right] + \frac{C_v D E[Y]}{(1 - E[Y])} \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (2.11)}$$

C. Biaya yang Diharapkan Rantai Pasokan Per Unit Waktu

- Total biaya yang diharapkan per unit waktu rantai pasok adalah

$$E[UTC(Q, n)]_{sc} = E[UTC(Q, n)]_b + E[UTC(Q, n)]_v \quad \dots \text{Pers (2.12)}$$

Mensubstitusikan Persamaan (2.4) dan (2.10), dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E[UTC(Q, n)]_{sc} &= QD \left[\frac{1}{(1 - E[Y])} \left\{ \frac{h_b E[Y]}{x} \times \frac{h_b E[(1 - Y)^2]}{2D} \right\} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{h_v}{2D} (n - 1) \right] \quad \dots \text{Pers 2.13} \\
 &\quad + \frac{D}{Q(1 - E[Y])} \left[\frac{1}{n} (S_b + S_v) + (F_b + F_v) \right] \\
 &\quad + \frac{D(d + C_v E[Y])}{(1 - E[Y])}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q^* &= \sqrt{\frac{2xDP\{n(F_b + F_v) + (S_b + S_v)\}}{n(Ph_b\{2DE[Y] + xE[1 - Y]^2\}) + xh_v\{D(2 - n) + P(n - 1)(1 - E[} \quad \dots \text{Pers (2.14)}
 \end{aligned}$$

$$n^* = \sqrt{\frac{(S_b + S_v) + (A_1 + A_2)}{xA_3}} \quad \dots \text{Pers (2.15)}$$

Dimana $A_1 = xh_v[P(1 - E[Y]) - 2D]$, $A_2 = h_bP(2DE[Y] + xE[(1 - Y)^2])$, dan $A_3 = h_v(F_b + F_v)[D - P(1 - E[Y])]$.

Berdasarkan kajian literature diatas memunculkan ide untuk melakukan penelitian dalam keadaan yang berbeda yaitu jika jumlah *buyer* lebih dari satu (multi), sehingga perlu adanya modifikasi model menjadi *single-vendor multi-buyer*. Kemudian algoritma genetika diusulkan sebagai metode untuk mendapatkan total biaya inventori yang optimal.

2.1.1 *Supply Chain* (Rantai Pasok)

Supply chain (Rantai pasok) dapat didefinisikan sebagai sekumpulan aktifitas yang terlibat dalam proses transformasi dan distribusi barang mulai dari bahan baku paling awal dari alam sampai produk jadi pada konsumen akhir. Menyimak dari definisi ini, maka suatu rantai pasok terdiri dari perusahaan yang mengangkut bahan baku dari bumi/alam, perusahaan yang mentransformasikan bahan baku menjadi bahan setengah jadi atau komponen, *supplier* bahan-bahan pendukung produk, perusahaan perakitan, distributor, dan retailer yang menjual barang tersebut ke konsumen akhir.

Menurut Pujawan (2005) ada tiga macam hal yang harus dikelola dalam rantai pasok yaitu *pertama*, aliran barang dari hulu ke hilir contohnya bahan baku yang dikirim dari pemasok ke pabrik, setelah produksi selesai dikirim ke distributor, pengecer, kemudian ke pemakai akhir. *Yang kedua*, aliran uang dan sejenisnya yang mengalir dari hilir ke hulu dan *ketiga* adalah aliran informasi yang bisa terjadi dari hulu ke hilir atau sebaliknya.

Menurut (Indrajit & Djokopranoto 2002) dalam rantai pasok terdapat beberapa pemain utama yaitu

a. *Chain 1 : Suppliers*

Merupakan sumber yang menyediakan bahan pertama. Bahan pertama ini bisa dalam bentuk bahan baku, bahan mentah, bahan penolong, bahan dagangan, *subassemblies*, suku cadang, dan sebagainya.

b. *Chain 1-2 : Suppliers – Manufacturer*

Manufacture atau bentuk lain yang melakukan pekerjaan membuat, mempabrikasi, mengasembling, merakit, dan mengkonversikan, atau pun menyelesaikan barang (*finishing*). Hubungan kedua rantai tersebut sudah mempunyai potensi untuk melakukan penghematan. Penghematan dapat diperoleh dari inventori bahan baku, bahan setengah jadi, dan bahan jadi yang berada di pihak *suppliers*, *manufacture*, dan tempat transit merupakan target untuk penghematan ini.

c. *Chain 1-2-3 : Supplier – Manufacturer – Distribution*

Barang sudah jadi yang dihasilkan oleh *manufacture* sudah mulai harus disalurkan kepada pelanggan. Penyaluran barang dilakukan melalui distributor. Barang dari pabrik melalui gudangnya disalurkan ke gudang distributor atau *wholesaler* atau pedagang besar dalam jumlah besar, dan pedagang besar menyalurkan dalam jumlah yang lebih kecil kepada *retailers* atau pengecer.

d. *Chain 1-2-3-4 : Supplier – Manufacturer – Distribution - Retail Outlets*

Pedagang besar biasanya mempunyai fasilitas gudang sendiri yang digunakan untuk menimbun barang sebelum disalurkan lagi ke pihak pengecer. Walaupun ada beberapa pabrik yang langsung menjual barang hasil produksinya kepada *customer*, namun secara relatif jumlahnya tidak banyak dan kebanyakan menggunakan pola seperti di atas.

e. *Chain 1-2-3-4-5 : Supplier – Manufacturer – Distribution – Retailer Outlets – Customers*

Customer merupakan rantai terakhir yang dilalui dalam rantai pasok. Para pengecer atau *retailers* ini menawarkan barangnya langsung kepada para pelanggan atau pembeli atau pengguna barang tersebut.

2.1.2 Fungsi Manajemen Rantai Pasok di Perusahaan

Pada perusahaan manufaktur, kegiatan-kegiatan utama yang masuk dalam klasifikasi SCM adalah:

Tabel 2.1 Fungsi-Fungsi Utama *Supply chain* (Pujawan, 2005)

Bagian	Cakupan Kegiatan
Pengembangan Produk	Melakukan riset pasar, merancang produk baru, melibatkan supplier dalam perancangan produk baru
Pengadaan	Memilih supplier, mengevaluasi kinerja supplier, melakukan pembelian bahan baku dan komponen, memonitor <i>supply risk</i> , membina dan memelihara hubungan dengan supplier
Perencanaan dan Pengendalian	<i>Demand planning</i> , peramalan permintaan, perencanaan kapasitas, perencanaan produksi dan persediaan.
Operasi/Produksi	Eksekusi produksi, pengendalian kualitas
Pengiriman/Distribusi	Perencanaan jaringan distribusi, penjadwalan pengiriman, mencari dan memelihara hubungan dengan perusahaan jasa pengiriman, memonitor <i>service level</i> di setiap pusat distribusi

2.1.3 Penggerak Rantai Pasok

Rantai pasok memiliki penggerak yang sangat berpengaruh terhadap performa rantai pasok itu sendiri. Menurut Chopra dan Meindl (2004) penggerak Rantai pasok adalah sebagai berikut:

1. Transportasi

Transportasi adalah memindahkan persediaan dari titik ke titik dalam rantai pasok. Transportasi terdiri atas banyak kombinasi dari model dan bentuk yang memiliki keunggulan masing-masing. Pemilihan transportasi juga mempunyai dampak besar dalam tingkat responsifitas dan efisiensi rantai pasok.

2. Fasilitas

Fasilitas adalah tempat-tempat dalam jaringan rantai pasok dimana inventori disimpan, dirakit, atau diproduksi. Dua jenis umum dari fasilitas adalah tempat produksi dan tempat penyimpanan. Bila perusahaan memilih tingkat efisiensi tinggi, maka memiliki lebih sedikit gudang. Jadi penentuan fasilitas mempunyai dampak yang besar dalam tingkat responsifitas dan efisiensi rantai pasok.

3. Informasi

Informasi terdiri dari data dan analisis yang berkaitan dengan inventori, transportasi, fasilitas dan pelanggan diseluruh rantai pasok. Informasi menyajikan pihak manajemen kesempatan

untuk membuat supply chain lebih responsif dan efisien. Informasi secara potensial adalah penggerak terbesar performa rantai pasok.

4. Inventori

Adalah semua bahan mentah, dalam proses dan barang-barang yang telah diselesaikan. Inventori merupakan salah satu penggerak rantai pasok yang penting karena perubahan kebijakan inventori dapat mengubah secara drastis tingkat responsivitas dan efisiensi rantai pasok. Komponen dari keputusan mengenai inventori yaitu:

a. Cycle inventory

Cycle inventory adalah jumlah rata-rata dari inventori yang digunakan untuk memenuhi permintaan dalam suatu waktu. Misalnya dalam sebulan memerlukan 10 buah truk bahan baku, perusahaan bisa saja memesan 10 truk bahan baku dalam sekali pesan atau bisa memesan 1 truk bahan baku yang dipesan tiap 3 hari. Ini tergantung dari strategi rantai pasok apa yang mereka terapkan (responsif atau efisiensi) dengan memperhitungkan *ordering cost* (biaya pesan) dan *holding cost* (biaya penyimpanan).

b. Safety Inventory

Safety inventory adalah inventori yang dibuat untuk berjaga-jaga terhadap perkiraan akan kelebihan permintaan. Ini digunakan untuk mengatasi ketidakpastian atas permintaan yang tinggi.

c. *Seasonal Inventory*

Seasonal inventory adalah inventori yang dibuat untuk mengatasi keragaman yang dapat diprediksi dalam permintaan. Perusahaan yang menggunakan *seasonal inventory* akan membangun persediaan mereka pada periode permintaan barang rendah dan menyimpannya untuk periode permintaan barang menjadi tinggi, dimana pada saat permintaan tinggi mereka tidak dapat memproduksi semua barang untuk memenuhi permintaan.

2.2 *Economic Order Quantity (EOQ)*

Model kuantitas pesanan ekonomis (*economic order quantity* – EOQ model) adalah salah satu dalam manajemen persediaan yang klasik dan sederhana. Perumusan metode EOQ pertama kali ditemukan oleh FW Harris pada tahun 1915, tetapi metode ini sering disebut EOQ Wilson karena metode ini dikembangkan oleh seorang peneliti bernama Wilson pada tahun 1934. Menurut Heizer dan Render model EOQ bisa menjawab dua pertanyaan penting yaitu kapan harus memesan dan berapa banyak harus dipesan. Metode ini digunakan untuk menghitung minimalisasi total biaya persediaan berdasarkan persamaan tingkat atau titik *equilibrium* kurva biaya simpan dan biaya pesan.

Biaya penyimpanan (*holding cost*) adalah biaya yang berhubungan dengan penyimpanan atau “membawa” persediaan dari waktu ke waktu dan biaya pemesanan (*ordering cost*) adalah biaya yang timbul dari proses pemesanan. Biaya penyimpanan meliputi biaya barang yang menjadi usang dan biaya yang berkaitan dengan gudang, seperti asuransi, karyawan tambahan, dan pembayaran bunga.

Biaya penyimpanan tahunan

$$= (\text{Rata – rata tingkat persediaan}) \quad \dots \text{Pers (2.16)}$$

$$\times (\text{Biaya penyimpanan per unit per tahun})$$

$$= \left(\frac{\text{kuantitas pemesanan}}{2} \right) \times (\text{biaya penyimpanan unit pertahun})$$

... Pers (2.17)

$$= \left(\frac{Q}{2} \right) \times (H)$$

Sedangkan biaya pemesanan mencakup biaya persediaan, formulir, proses pemesanan, pekerjaan administrasi pendukung, dan sebagainya (Jay Heizer and Barry Render, 2005)

Biaya setup tahunan

$$= (\text{jumlah pesanan yang ditempatkan pertahun}) \quad \dots \text{Pers (2.18)}$$

$$\times (\text{Biaya setup atau biaya pemesanan per pesanan})$$

$$= \left(\frac{\text{permintaan tahunan}}{\text{jumlah unit dalam setiap pemesanan}} \right) \times (\text{biaya pesanan per pesanan})$$

... Pers (2.19)

$$= \left(\frac{D}{Q} \right) \times (S)$$

Adapun rumus EOQ adalah sebagai berikut :

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

... Pers (2.20)

Dimana:

- Q^* = jumlah barang yang optimum pada setiap pesanan (EOQ).
- D (demand) = permintaan tahunan dalam unit untuk barang persediaan.
- S (setup) = biaya setup atau biaya penesanan untuk setiap pesanan.
- H (holding) = biaya penyimpanan atau penggudangan per unit per tahun.

Biaya persediaan variabel tahunan total adalah penjumlahan dari biaya setup dan biaya penyimpanan.

$$TC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad \dots \text{Pers (2.21)}$$

Setelah menentukan banyaknya pesanan yang akan dilakukan, maka permasalahan persediaan selanjutnya adalah mengenai kapan pemesanan dilakukan. Waktu pemesanan berkaitan erat dengan *lead time* bahan baku yang digunakan.

Pengertian *lead time* menurut Fien Zulfikarijah (2005) adalah merupakan waktu yang dibutuhkan antara pemesanan dengan barang sampai diperusahaan, sehingga *lead time* berhubungan dengan reoder point dan saat penerimaan barang.

Lead Time muncul karena setiap pesanan membutuhkan waktu dan tidak semua pesanan bisa dipenuhi seketika, sehingga selalu ada Jeda waktu. *Lead time* sangat berguna bagi perusahaan yaitu pada saat persediaan mencapai nol, pesanan akan segera tiba diperusahaan. Dalam EOQ, *lead time* diasumsikan konstan artinya dari waktu ke waktu selalu tetap misal *lead time* 5 hari, maka akan berulang dalam setiap periode. Akan tetapi dalam prakteknya *lead time* banyak berubah-ubah, untuk mengantisipasinya perusahaan sering menyediakan *safety Stock*.

Dari pembahasan diatas faktor waktu sangatlah penting dalam pengisian kembali persediaan karena terdapat perbedaan waktu yang kadang cukup lama saat mengadakan pesanan untuk menggantikan atau pengisian kembali persediaan.

Reorder Point menurut Assauri (1999) adalah suatu titik atau batas dari jumlah persediaan yang ada pada suatu saat dimana pesanan harus diadakan kembali. Titik ini menunjukkan kepada bagian pembelian untuk mengadakan pemesanan kembali bahan - bahan persediaan untuk menggantikan persediaan yang telah digunakan. Adapun rumus yang

digunakan untuk menentukan pemesanan kembali. Titik pemesanan ulang (ROP) ditunjukkan sebagai berikut :

$$ROP = d * L \quad \dots \text{Pers (2.22)}$$

Dimana:

d = permintaan per hari.

L = *lead time* untuk pemesanan baru dalam satu hari.

Permintaan perhari dapat dicari dengan rumus:

$$d = \frac{D}{\text{jumlah hari kerja dalam setahun}} \quad \dots \text{Pers (2.23)}$$

2.3 Algoritma Genetika

Algoritma genetika sebagai cabang dari Algoritma Evolusi merupakan metode adaptive yang biasa digunakan untuk memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetika yang ada dalam makhluk hidup, yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam atau “siapa yang kuat, dia bertahan (*survive*)”. Dengan meniru teori evolusi ini, Algoritma dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-permasalahan dalam dunia nyata.

Peletak prinsip dasar sekaligus pencipta Algoritma genetika adalah John Holland. Algoritma genetika menggunakan analogi secara langsung dari kebiasaan yang alami yaitu seleksi alam. Algoritma ini bekerja dengan sebuah populasi yang terdiri dari individu-individu, yang masing-masing individu mempresentasikan sebuah nilai *fitness* yang akan digunakan untuk mencari solusi terbaik dari persoalan yang ada.

Pertahanan yang tinggi dari individu akan memberikan kesempatan untuk melakukan reproduksi melalui perkawinan silang dengan individu yang lain dalam populasi tersebut. Individu baru yang dihasilkan dalam hal ini dinamakan keturunan, yang membawa beberapa sifat dari induknya. Sedangkan individu dalam populasi yang tidak terseleksi dalam reproduksi akan mati dengan sendirinya. Dengan jalan ini, beberapa generasi dengan karakteristik yang bagus akan bermunculan dalam populasi tersebut, untuk kemudian dicampur dan ditukar dengan karakter yang lain. Dengan mengawinkan semakin banyak individu, maka akan semakin banyak kemungkinan terbaik yang dapat diperoleh.

Sebelum Algoritma genetika dapat dijalankan, maka sebuah kode yang sesuai (representatif) untuk persoalan harus dirancang. Untuk ini maka titik solusi dalam ruang permasalahan dikodekan dalam bentuk kromosom/*string* yang terdiri atas komponen genetika yang terkecil yaitu gen. dengan teori evolusi dan teori genetika akan melibatkan beberapa operator, yaitu:

1. Operasi Evolusi yang melibatkan proses seleksi (*selection*) di dalamnya.
2. Operasi genetika yang melibatkan operator pindah silang (*crossover*) dan mutasi (*mutation*).

Untuk memeriksa hasil optimasi, kita membutuhkan fungsi *fitness*, yang menandakan gambaran hasil (solusi) yang sudah dikodekan. Selama berjalan, induk harus digunakan selama reproduksi, pindah silang dan mutasi untuk menciptakan keturunan. Jika Algoritma Genetika di desain secara baik, populasi akan mengalami konvergensi dan akan didapatkan sebuah solusi optimum.

2.3.1 Hal-Hal yang Harus Dilakukan Dalam Algoritma Genetika

Beberapa hal yang harus dilakukan dalam Algoritma Genetika adalah:

- a. Mendefinisikan individu, dimana individu menyatakan satu solusi (penyelesaian) yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
- b. Mendefinisikan nilai *fitness*, yang merupakan ukuran baik tidaknya sebuah individu atau baik tidaknya solusi yang didapatkan.
- c. Menentukan proses pembangkitan populasi awal. Hal ini biasanya dilakukan dengan menggunakan pembangkitan acak seperti *random-walk*.
- d. Menentukan proses seleksi yang akan digunakan
- e. Menentukan perkawinan silang (*crossover*) dan mutasi gen yang akan digunakan.

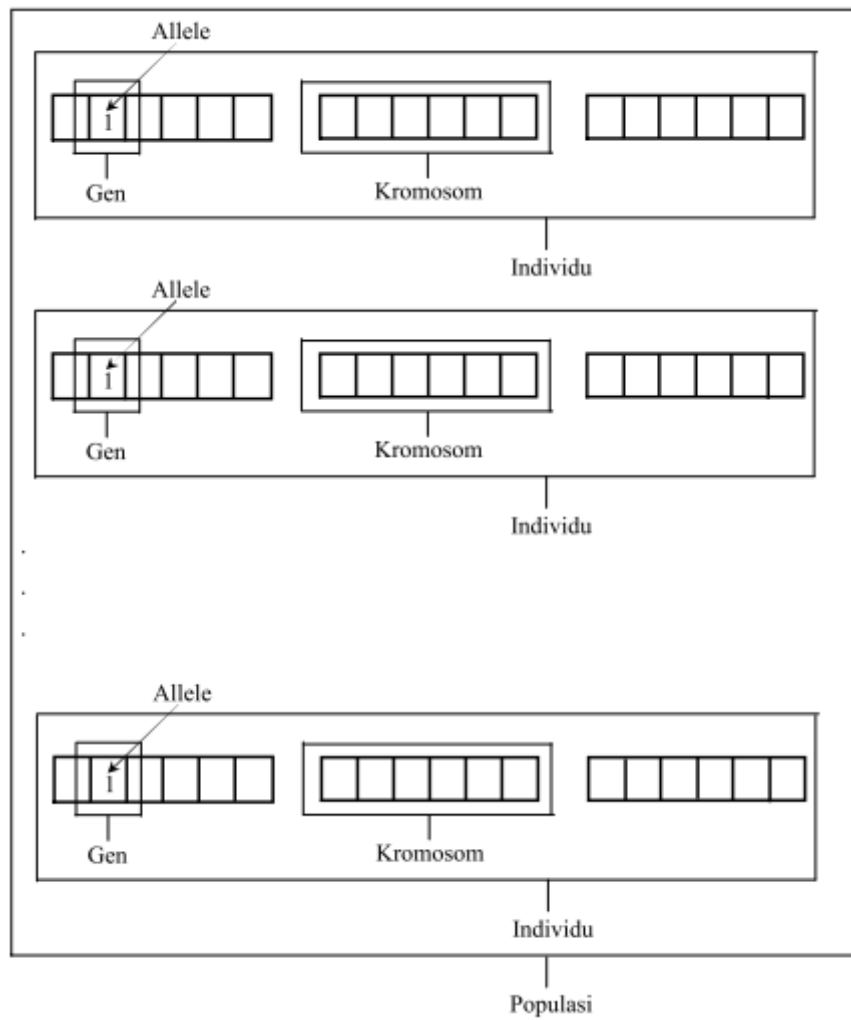
2.3.2 Pengertian Individu

Individu menyatakan salah satu solusi yang mungkin, individu bias dikatakan sama dengan kromosom, yang merupakan kumpulan gen. Gen ini bias biner, float dan kombinatorial.

Beberapa definisi penting yang perlu diperhatikan dalam mendefinisikan individu untuk membangun penyelesaian masalah dengan algoritma genetika adalah sebagai berikut:

- *Genotype* (gen), sebuah nilai yang menyatakan satuan dasar yang membentuk suatu arti tertentu dalam satu kesatuan gen yang dinamakan kromosom. Dalam algoritma genetika, gen ini bias berupa biner, float, integer maupun karakter, atau kombinatorial.
- *Allele*, nilai dari gen
- Kromosom, gabungan gen-gen yang membentuk nilai tertentu.
- Individu, menyatakan suatu nilai atau keadaan yang menyatakan salah satu solusi yang mungkin dari permasalahan yang diangkat.
- Populasi, merupakan sekumpulan individu yang akan diproses bersama dalam satu siklus proses evolusi.
- Generasi, menyatakan satu siklus proses evolusi atau satu iterasi di dalam algoritma genetika.

Adapun gambar yang dapat mengilustrasikan perbedaan istilah-istilah diatas yaitu sebagai berikut:



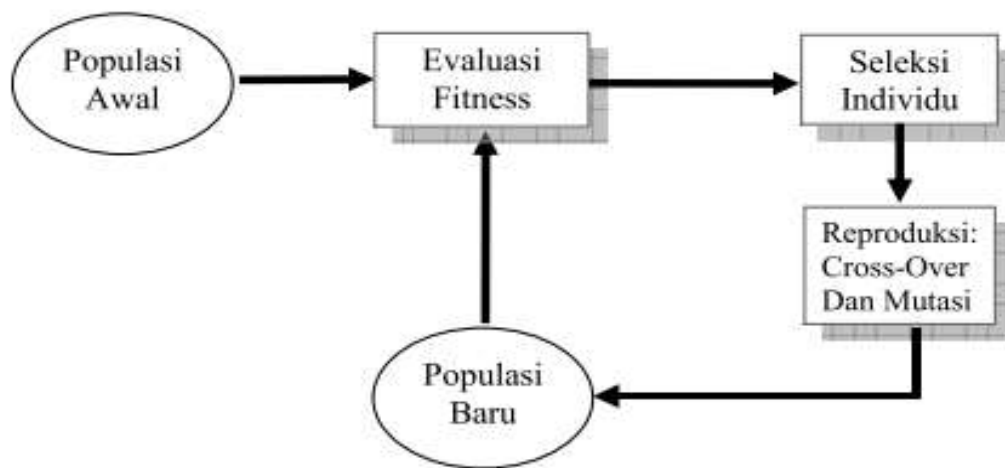
Gambar 2.3 Ilustrasi representasi penyelesaian permasalahan dalam algoritma genetika

2.3.3 Nilai *Fitness*

Nilai *fitness* adalah nilai yang menyatakan baik tidaknya suatu solusi (individu). Nilai *fitness* ini yang dijadikan acuan dalam mencapai nilai optimal dalam algoritma genetika. Algoritma genetika bertujuan mencari individu dengan nilai *fitness* yang paling optimal.

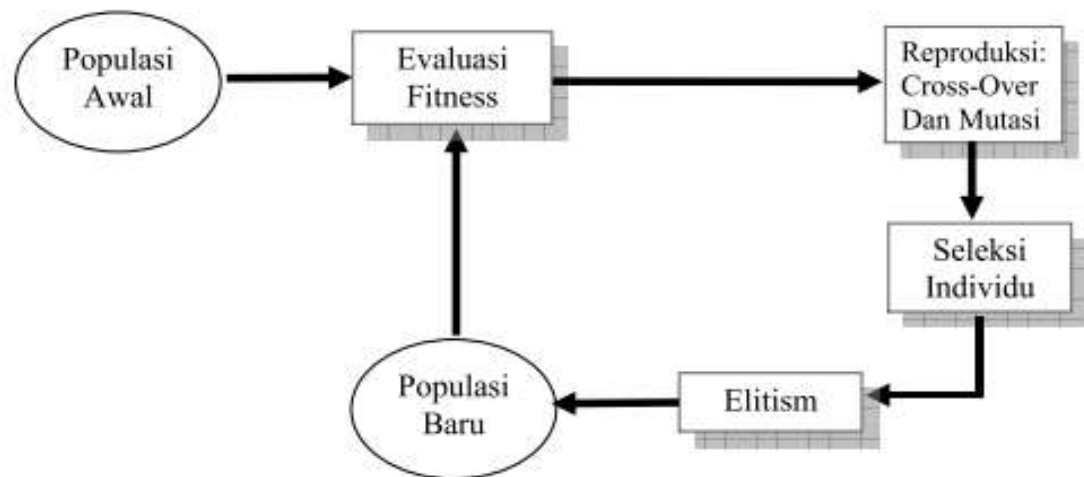
2.3.4 Siklus Algoritma Genetika

Siklus dari algoritma genetika pertama kali dikenalkan oleh David Goldberg, dimana gambaran siklus tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.4 Siklus algoritma genetika

Siklus ini kemudian diperbaiki oleh beberapa ilmuwan yang mengembangkan algoritma genetika, yaitu Zbigniew Michalewicz dengan menambahkan operator elitism dan membalik proses seleksi setelah proses reproduksi.



Gambar 2.5 Siklus algoritma genetika

2.3.5 Tahapan-tahapan dalam Algoritma Genetika

Algoritma Genetika memiliki beberapa tahapan dalam langkah pengerjaannya, berikut dapat dijelaskan seperti dibawah ini:

1. *Initialization*

Pada awalnya solusi individual akan secara acak dibuat dalam bentuk sebuah inisial populasi. Besar populasinya sangat tergantung pada keadaan masalah itu sendiri, tapi biasanya populasi mengandung sekitar beberapa ratus atau bahkan ribuan solusi yang mungkin. Secara sederhana, populasinya dibuat secara acak, dengan mengcover seluruh kemungkinan solusi (*search space*). Cara lainnya, solusinya mungkin bisa di “seeded” pada area dimana kemungkinan besar ditemukan solusi optimalnya.

2. Seleksi

Seiring dengan berjalannya algoritma, suatu bagian pada populasi akan dipilih (*selected*) untuk membuat suatu generasi baru. Solusi individual tersebut dipilih melalui suatu *fitness based process*, dimana solusi pencocok (*fitter*, yang diukur oleh suatu *fitness function*) akan menyatakan kemungkinan terpilih. Beberapa metode seleksi menggunakan nilai kecocokan tersebut dan kemudian memilih solusi terbaik dari situ. Metode lain hanya menggunakan solusi acak dari populasi, sehingga proses ini mungkin akan memakan waktu lama. Metode seleksi yang populer dan telah teruji antara lain *roulette wheel selection* dan *tournament selection*.

3. Reproduksi

Langkah selanjutnya adalah dengan membuat generasi kedua dari populasi yang ada melalui *genetic-operator: crossover* (persilangan), dan atau *mutation* (mutasi). Untuk setiap solusi baru yang dibentuk, sebuah pasangan “*parent*” atau orang tua solusi dipilih dari kumpulan populasi sebelumnya. Dengan membuat sebuah “*child*” atau anak solusi menggunakan metoda diatas, yaitu persilangan dan mutasi, sebuah solusi baru telah dibuat, dimana pada umumnya akan memwarisi bagian-bagian dari orang tuanya. Orang tua baru dipilih lagi dan membuat suatu anak solusi lagi, dan berlanjut sampai suatu populasi solusi baru dengan ukuran yang cukup terbentuk. Secara umum rata-rata nilai kecocokannya (*fitness*) akan meningkat melalui prosedur ini, karena hanya organisme terbaik yang dipilih dalam pembentukan populasi selanjutnya.

4. *Termination*

Proses diatas akan terus dilakukan sampai suatu kondisi terminasi/berhenti ditemukan. Kondisi terminasi/berhenti yang umum dipergunakan yaitu: Suatu solusi ditemukan yang memenuhi kriteria minimum; Generasi telah mencapai suatu tingkat tertentu; *Budget* yang dialokasikan (misalnya waktu komputasi) telah dicapai; Solusi dengan nilai kecocokan tertinggi akan mencapai atau telah mencapai suatu batas dimana proses selanjutnya yang akan dilakukan tidak akan menghasilkan hasil yang lebih baik; Inspeksi secara manual dan berkala; Kombinasi dari berbagai macam cara terminasi di atas.

5. *Pengkodean*

Pengkodean adalah suatu teknik untuk menyatakan populasi awal sebagai calon solusi suatu masalah ke dalam suatu kromosom sebagai suatu kunci pokok persoalan ketika menggunakan algoritma genetika. Berdasarkan jenis simbol yang digunakan sebagai nilai suatu gen, metode pengkodean dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

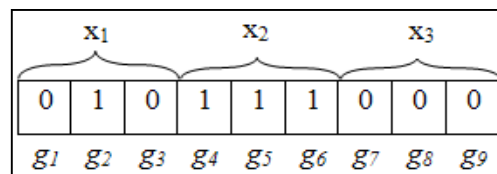
- a. Pengkodean biner merupakan cara pengkodean yang paling umum digunakan karena adalah yang pertama kali digunakan dalam algoritma genetik oleh Holland. Keuntungan pengkodean ini adalah sederhana untuk diciptakan dan mudah dimanipulasi. Pengkodean biner memberikan banyak kemungkinan untuk kromosom walaupun dengan jumlah nilai-nilai yang mungkin terjadi pada suatu gen yang sedikit (0 dan 1). Di pihak lain, pengkodean biner sering tidak sesuai untuk banyak masalah dan kadang pengoreksian harus dilakukan setelah operasi *crossover* dan mutasi.

- b. Pengkodean bilangan riil adalah suatu pengkodean bilangan dalam bentuk riil. Masalah optimalisasi fungsi dan optimalisasi kendala lebih tepat jika diselesaikan dengan pengkodean bilangan riil karena struktur topologi ruang genotif untuk pengkodean bilangan riil identik dengan ruang fenotifnya, sehingga mudah membentuk operator genetik yang efektif dengan cara memakai teknik yang dapat digunakan yang berasal dari metode konvensional.
- c. Pengkodean bilangan bulat adalah metode yang mengkodekan bilangan dalam bentuk bilangan bulat. Pengkodean ini baik digunakan untuk masalah optimisasi kombinatorial.
- d. Pengkodean struktur data adalah model pengkodean yang menggunakan struktur data. Pengkodean ini digunakan untuk masalah kehidupan yang lebih kompleks seperti perencanaan jalur robot, dan masalah pewarnaan *Graph*.

Pengkodean suatu kromosom adalah langkah pertama ketika kita menggunakan algoritma genetika untuk menyelesaikan suatu masalah. Pengkodean ini biasanya tergantung kepada masalah yang dihadapi. Pengkodean ini meliputi pengkodean terhadap gen yang terdapat dalam kromosom.

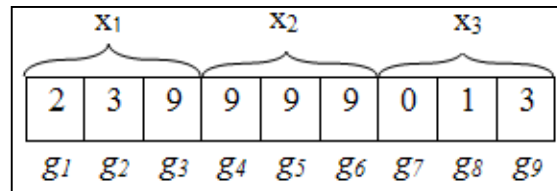
Terdapat tiga skema yang paling umum digunakan dalam pengkodean, yaitu:

- a. *Binary encoding*. Setiap gen hanya dapat bernilai 0 atau 1.



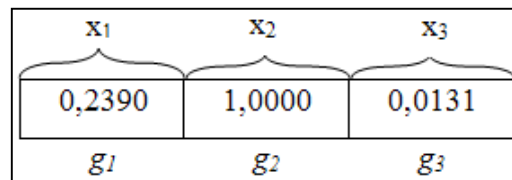
Gambar 2.6 Skema pengkodean *Binary Encoding*

- b. *Discrete decimal encoding*. Setiap gen dapat bernilai salah satu bilangan bulat dalam interval $[0,9]$.



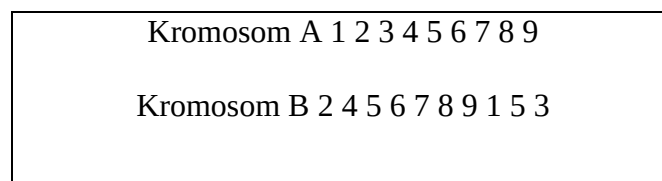
Gambar 2.7 Skema pengkodean *Discrete decimal encoding*

- c. *Real-number encoding*. Pada skema ini, nilai gen berada dalam interval $[0,R]$, di mana R adalah bilangan real positif dan biasanya $R=1$.



Gambar 2.8 Skema pengkodean *Real-number encoding*

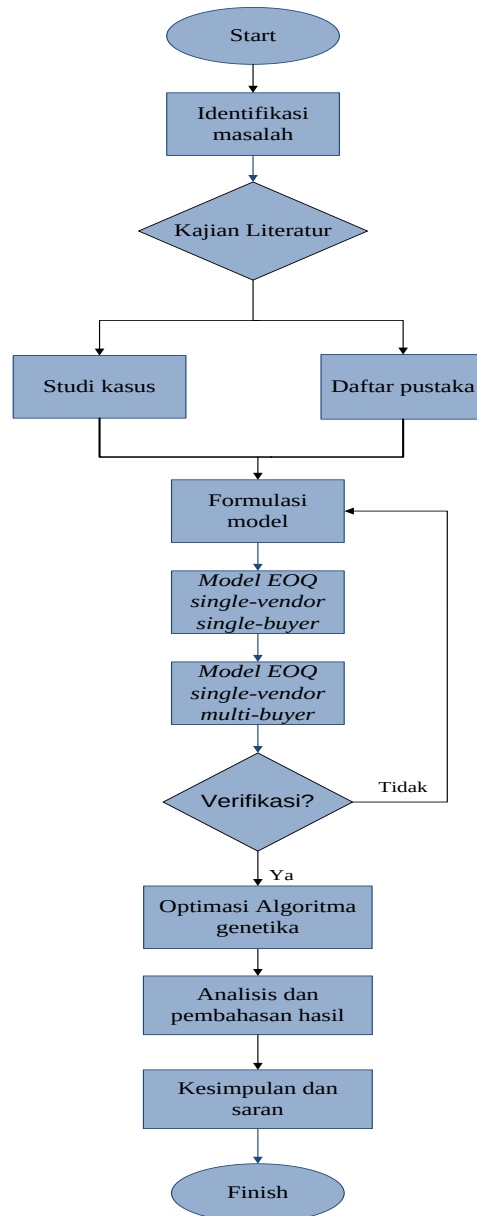
- d. *Permutation Encoding*, setiap kromosom merupakan string dari sejumlah angka atau nomor yang merepresentasikan suatu posisi dalam suatu urutan.



Gambar 2.9 Mutasi kromosom

Pada contoh gambar 2.6, 2.7 dan 2.8 skema pengkodean di atas terdapat tiga variabel, yaitu x_1 , x_2 , x_3 yang dikodekan ke dalam sebuah koromosom yang terdiri dari 9 gen (untuk *binary encoding* dan *discrete decimal encoding*) dimana setiap variabel dikodekan ke dalam 3 gen. Sedangkan pada *real-number encoding* ketiga variabel dikodekan ke dalam kromosom yang terdiri dari 3 gen, dimana masing-masing variabel dikodekan ke dalam 1 gen (Chairul Saleh, (2005).

2.4 Kerangka Penelitian



Gambar 2.10 Diagram Alir Penelitian

2.5 Penjelasan Kerangka Penelitian

1. Identifikasi Masalah

Dalam tahap ini dijelaskan masalah yang dihadapi dan akan diselesaikan dengan pendekatan-pendekatan yang berhubungan dengan keilmuan Teknik Industri. Disamping itu ditetapkan tujuan yang hendak dicapai dengan batasan masalah yang dimiliki.

2. Kajian Literatur

Kajian literatur ini merupakan awal mula perkembangan penelitian yang berhubungan dengan topik dan ruang lingkup kajian. Model EOQ yang terintegrasi dan Algoritma Genetika serta teori-teori dasar yang dijadikan sebagai acuan berfikir dalam menyusun Tuga Akhir.

3. Formulasi Model

Model yang dimodifikasi ini mengadopsi model yang dibuat oleh (Wahab et.al 2011). Dalam penelitian ini akan dilakukan modifikasi model EOQ *single-vendor single-buyer* menjadi *single-vendor multi-buyer* yang selanjutnya dioptimasi menggunakan algoritma genetika.

4. Analisis dan pembahasan

Tahapan yang akan menganalisis hasil dari jumlah order optimal (q^*), jumlah pengiriman (n), dan total biaya integrasi yang diharapkan ($E[UTC]$).

5. Kesimpulan dan saran

Merupakan tahapan yang akan menjelaskan seluruh rangkaian penelitian telah selesai sehingga dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan. Pemberian saran juga dilakukan untuk mengembangkan hasil penelitian ini agar berguna untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya mengenai permasalahan yang sama.

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan di presentasikan metode penelitian yang terdiri dari beberapa sub bab yang menjelaskan tentang kedudukan serta fokus penelitian. Selanjut akan dijelaskan tentang model yang dijadikan acuan dalam pengembangannya diikuti dengan jenis data yang diperlukan , dan pengolahan data berdasarkan model dasar dan pengembangannya.

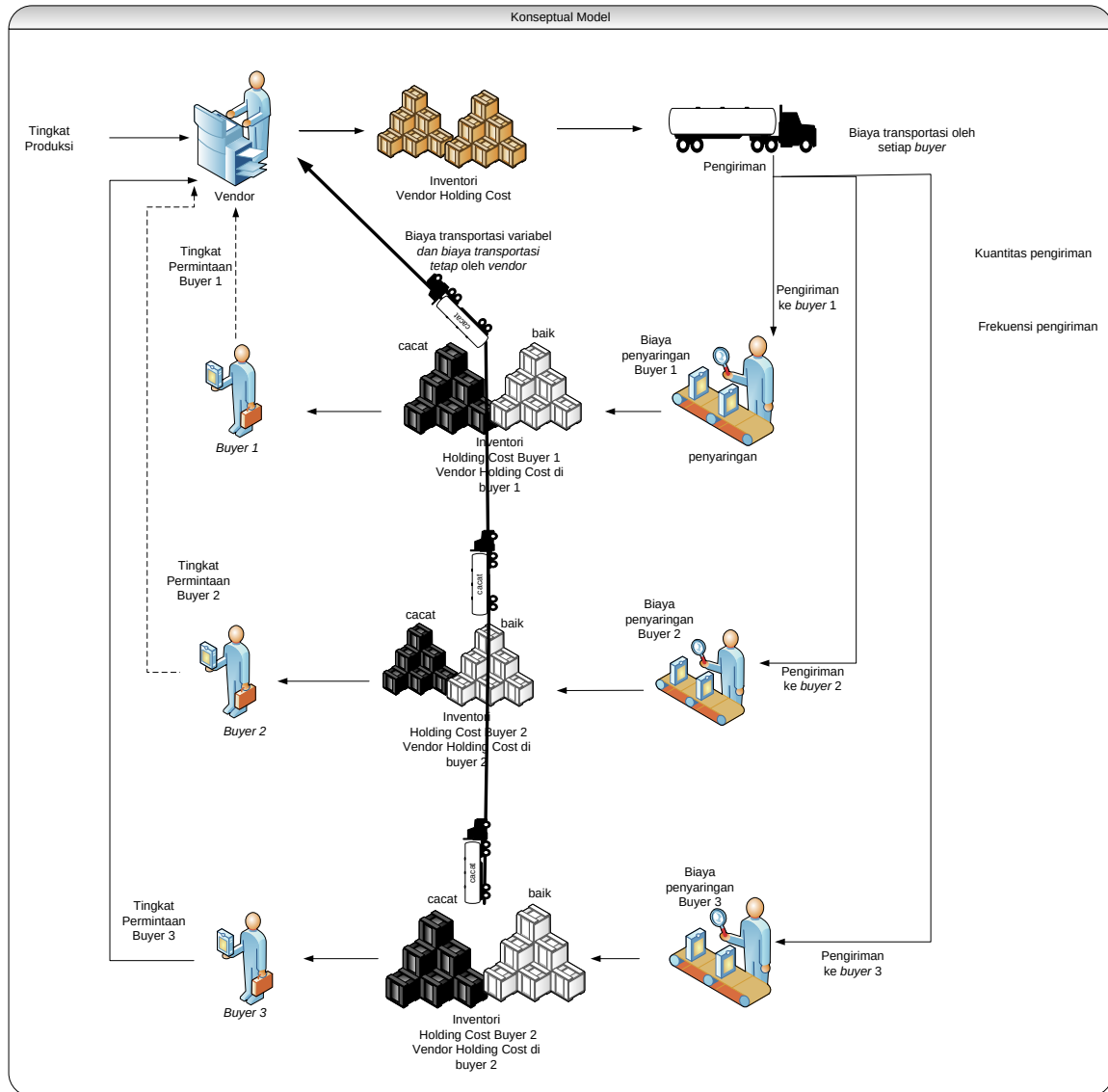
3.1 Fokus dan Lokasi Penelitian

Fokus kajian pada penelitian adalah memodifikasi model yang telah dikembangkan oleh (Wahab et.al., 2011), kemudian mengoptimasi model yang telah dimodifikasi menggunakan Algoritma Genetika. Lokasi penelitian yang dilakukan di perpustakaan Mohammad Hatta Universitas Islam Indonesia.

3.2 Konseptual Model

Konseptual model merupakan suatu konsep pemikiran yang menggambarkan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini *vendor* akan melakukan proses produksi dengan tingkat produksi yang lebih besar dari permintaan ketiga *buyer*. Hal ini bertujuan untuk menghindari kekurangan produk. Kemudian produk dikirim oleh *vendor* sesuai dengan pesanan *buyer*

dengan biaya transportasi ditanggung oleh masing-masing buyer. Kemudian diasumsikan bahwa biaya transportasi tetap karena permintaan bersifat deterministik.



Gambar 3.1 Konseptual Model *Single-Vendor Multi-Buyer*

Biaya penyimpanan untuk *vendor* adalah h_v per produk per satuan waktu, dan biaya setup untuk *vendor* adalah S_v setiap menjalankan produksi. Ketika masing-masing *buyer* melakukan pemesanan dengan jumlah Q_p dengan biaya pemesanan masing-masing *buyer*

(S_{bj}), persediaan *vendor* dengan jumlah n yang sama, yaitu $Q_p = nQ$. Setiap pengiriman memiliki persentase item cacat (Y), yang merupakan variabel acak. Setelah pengiriman diterima, *buyer* menyaring produk pada tingkat x lebih besar dari permintaan setiap *buyer* selama waktu t (di mana $t = Q/x$) dengan biaya penyaringan (k) per item. Penyimpanan untuk produk yang baik dan cacat disimpan di gudang *buyer* dan dikenakan biaya penyimpanan h_{bj} ($> h_v$) per item per satuan waktu. Namun, biaya penyimpanan untuk produk yang cacat di gudang *buyer* dibayar oleh *vendor*. Dalam setiap siklus, setelah penyaringan selesai, produk yang cacat dikirim kembali ke *vendor* sebagai satu *batch* dan biaya transportasi dibayar oleh *vendor*. Karena jumlah item cacat bersifat acak, biaya transportasi terdiri dari biaya tetap, F_v , dan biaya variabel C_v .

3.3 Pengembangan Model

Penelitian yang dilakukan oleh (Wahab et al., 2011) fokus pada rantai pasok level *single-vendor single-buyer*, kemudian akan dimodifikasi menjadi level *single-vendor multi-buyer*.

3.3.1 Notasi Model *Single-Vendor Multi-Buyer*

- v adalah *vendor*
- b adalah *buyer*
- j nomer *buyer*, dimana $j = 1, 2, \dots, n$
- P tingkat produksi *vendor* (Unit/tahun)
- d_j tingkat permintaan produk *buyer* ke- j (Unit/tahun)

- D jumlah akumulasi permintaan semua *buyer* $\sum_{j=1}^n d_j (d_1 + d_2 + \dots + n)$ (Unit/tahun)
- h_v biaya penyimpanan *vendor* (USD/unit/tahun)
- S_v biaya *setup vendor* (USD/order)
- F_v biaya tetap transportasi *vendor* (USD/delivery)
- C_v biaya variabel transportasi *vendor* (USD/unit)
- n_j frekuensi pengiriman produk ke *buyer* j
- N jumlah akumulasi pengiriman produk ke-j $\sum_{j=1}^n n_j (n_1 + n_2 + \dots + n)$
- q_j besarnya pesanan yang dilakukan buyer-j setiap siklusnya (Unit)
- Q_v kuantitas *vendor* $Q_v = q_1 + q_1 + \dots + q_n$ (Unit)
- y_j persentase item cacat untuk setiap *buyer* j
- Y akumulasi cacat semua *buyer* j
- S_{bj} biaya *setup* untuk setiap *buyer* j (USD/order)
- h_{bj} biaya penyimpanan untuk setiap *buyer* j (USD/unit/tahun)
- x_j tingkat penyaringan untuk setiap *buyer* j (Unit)
- k_j biaya penyaringan setiap *buyer* j (USD/unit)
- F_{bj} biaya transportasi untu setiap *buyer* j (USD/delivery)
- t_j waktu siklus setiap *buyer* j (Tahun)
- T akumulasi waktu siklus *buyer* j (Tahun)

3.3.2 Model Rantai Pasok *Single-Vendor Multi-Buyer*

Pada bagian ini akan memformulasi fungsi total biaya inventori yang diharapkan *vendor* dan *buyer*, dengan tujuan menentukan ukuran pengiriman yang optimal dan frekuensi pengiriman ke masing-masing *buyer* agar dapat meminimalkan total biaya yang diharapkan dari model *single-vendor multi-buyer*. Dalam hal ini *buyer* yang menentukan ukuran pengiriman dan frekuensi pengiriman dalam satu siklus dengan waktu siklus setiap *buyer* $t_j = (q_j/d_j)(1 - y_j)$ dan waktu siklus yang diharapkan setiap *buyer* adalah $E[t]_j = (q_j/d_j)(1 - E[y]_j)$.

1. Total biaya inventori yang diharapkan *buyer*

Total biaya inventori yang diharapkan setiap *buyer* per satuan waktu, yang merupakan jumlah biaya penyimpanan yang diharapkan per unit waktu, biaya *setup* per satuan waktu, biaya penyaringan per satuan waktu, dan biaya transportasi per satuan waktu, dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Biaya penyimpanan *multi-buyer*

$$H_j(q_j, y_j)_b = \sum H_{b,j} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{y_j q_j^2}{2x_j} + \frac{q_j(1 - y_j)t_j}{2} \right) \quad \dots \text{Pers (3.1)}$$

Dengan mensubstitusikan $t_j = (q_j/d_j)(1 - y_j)$ di persamaan 3.1 sebagai waktu siklus setiap *buyer* maka didapatkan biaya penyimpanan yang diharapkan *buyer* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
E[UH_j(q_j, y_j)]_b &= \sum EH_{b,j} = \sum_{j=1}^n \frac{h_{bj}}{E[T]_j} \left(\frac{q_j^2 E[y]_j}{2x_j} \right) \\
&\quad + \frac{q_j^2 E[(1-y)_j^2]}{2d_j} \quad \dots \text{Pers (3.2)}
\end{aligned}$$

- Biaya *setup*, transportasi, dan biaya penyaringan untuk *multi-buyer*

Setiap *buyer* memiliki biaya *setup* tetap yaitu S_{bj} per siklus *vendor*. S_{bj}/n_j merupakan biaya *setup* per siklus setiap *buyer* dan F_{bj} adalah biaya transportasi persiklus setiap *buyer*. Karena semua *item* yang dikirim dalam pengiriman disaring maka biaya penyaringan untuk setiap *buyer* adalah $q_j \times k_j$

Sehingga untuk total biaya inventori yang diharapkan oleh semua *buyer* per unit waktu didapatkan dengan mensubstitusikan $E[t]_j = (q_j/d_j)((1 - E[y])_j)$ ke persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
E[UTC(q, n)]_b &= \sum E[UTC]_{b,j} \\
&= \sum_{j=1}^n \left[\frac{d_j}{(1 - E[y])_j} \left[\frac{q_j h_{bj}}{2} \left(\frac{E[y]_j}{x_j} \right) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + \frac{E[(1-y)_j^2]}{d_j} \right) + \frac{1}{q_j} \left(\frac{S_{bj}}{n_j} F_{bj} \right) + k_j \right] \quad \dots \text{Pers (3.3)}
\end{aligned}$$

2. Total biaya inventori yang diharapkan *vendor*

Ada beberapa biaya yang ditanggung oleh *vendor* yaitu biaya penyimpanan, biaya *setup*, dan biaya transportasi. Setelah di modifikasi menjadi model *single-vendor multi-buyer* maka model ditulis sebagai berikut:

- Biaya penyimpanan yang diharapkan *vendor* adalah biaya penyimpanan ketika proses produksi dan biaya penyimpanan barang cacat yang ada digudang setiap *buyer*. Adapun biaya yang diharapkan *vendor* per satuan waktu ketika proses produksi berjalan adalah sebagai berikut:

$$E[UH_1(Q, n, Y)]_v = \frac{h_v Q_v^2}{E[T]} \left[\frac{1}{P} \left(1 - \frac{N}{2} \right) + \frac{1}{2D} (N - 1)(1 - E[Y]) \right] \quad \dots \text{Pers (3.4)}$$

Biaya penyimpanan barang cacat yang diharapkan persatuan waktu yang berada digudang setiap *buyer* dapat dituliskan sebagai berikut:

$$E[UH_j(q_j, n_j, y_j)]_v = \sum_{j=1}^n \left[\frac{h_{bj} q_j^2 E[y]_j}{2x_j E[t]_j} \right] \quad \dots \text{Pers (3.5)}$$

- Biaya *setup vendor* adalah S_v dan biaya transportasi *vendor* dibagi menjadi dua karena jumlah barang cacat yang acak yaitu ada biaya transportasi tetap dan biaya transportasi variabel. Adapun rumus untuk biaya transportasi *vendor* untuk masing-masing *buyer* adalah $n_j(F_v + C_v y_j q_j)$.

Sehingga didapatkan total biaya yang diharapkan *vendor* persatuan waktu adalah

$$\begin{aligned}
 E[UTC(q_j, n_j)]_v &= \frac{h_v Q_v^2}{E[T]} \left[\frac{1}{P} \left(1 - \frac{N}{2} \right) + \frac{1}{2D} (N - 1)(1 - E[Y]) \right] \\
 &+ \sum_{j=1}^n \left(\frac{h_{bj} q_j^2 E[y]_j}{2x_j E[t]_j} + \frac{(F_v + C_v q_j E[y]_j)}{E[t]_j} \right) + \frac{S_v}{NE[T]}
 \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (3.6)}$$

Untuk mempermudah memahami rumus diketahui $Q_v = q_1^* + q_2^* + \dots + q_n^*$, $N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_n$; $D = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n$; $E[Y] = E[y]_1 + E[y]_2 + E[y]_3 + \dots + E[y]_n$; $E[T] = E[t]_1 + E[t]_2 + E[t]_3 + \dots + E[t]_n$ kemudian mesubtitusikan $E[t]_j = (q_j/d_j)(1 - E[y]_j)$ ke persamaan 3.6 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E[UTC(q, n)]_v &= DQ_v \left[\frac{h_v}{P(1 - E[Y])} \left(1 - \frac{N}{2} \right) + \frac{h_v}{2D} (N - 1) \right] \\
 &+ \sum_{j=1}^n \left[\frac{h_{bj} d_j q_j E[y]_j}{2x_j (1 - E[y]_j)} + \frac{d_j \left(\frac{F_v}{q_j} + C_v E[y]_j \right)}{1 - E[y]_j} \right] \\
 &+ \frac{DS_v}{NQ(1 - E[Y])}
 \end{aligned} \quad \dots \text{Pers (3.7)}$$

3. Total biaya inventori yang diharapkan pada rantai pasok *single-vendor multi-buyer*

Sehingga didapatkan total biaya inventori yang diharapkan pada model *single-vendor multi-buyer* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 E[UTC(q, n)]_{sc} &= E[UTC(q, n)]_b + E[UTC(q, n)]_v \\
 E[UTC(q, n)]_{sc} &= \sum E[UTC(q, n)]_{b,j} \\
 &= \sum_{j=1}^n \left[\frac{d_j}{(1 - E[y])_j} \left[\frac{q_j h_{bj}}{2} \left(\frac{E[y]_j}{x_j} + \frac{E[(1 - y)^2]_j}{d_j} \right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. + \frac{1}{q_j} \left(\frac{S_{bj}}{n_j} F_{bj} \right) + k_j \right] \right] \\
 &\quad + DQ_v \left[\frac{h_v}{P(1 - E[Y])} \left(1 - \frac{N}{2} \right) + \frac{h_v}{2D} (N - 1) \right] \quad \dots \text{Pers (3.8)} \\
 &\quad + \sum_{j=1}^n \left[\frac{h_{bj} d_j q_j E[y]_j}{2x_j (1 - E[y]_j)} + \frac{d_j \left(\frac{F_v}{q_j} + C_v E[y]_j \right)}{1 - E[y]_j} \right] \\
 &\quad + \frac{DS_v}{NQ(1 - E[Y])}
 \end{aligned}$$

Nilai q optimal ditentukan dengan mendefersialkan $E[UTC(q, n)]_{sc}$ terhadap q_j dan sama dengan 0, dengan hasil q_j^* yaitu

$$q_j^* = \sqrt{\frac{2x_j d_j P \{ n_j (F_{bj} + F_v) + (S_{bj} + S_v) \}}{n_j \left(Ph_{bj} \{ 2d_j E[y]_j + x_j E[(1 - y)^2]_j \} + x_j h_v \{ d_j (2 - n_j) + P(n_j - 1)(1 - E[y]_j) \} \right)}} \quad \dots \text{Pers (3.9)}$$

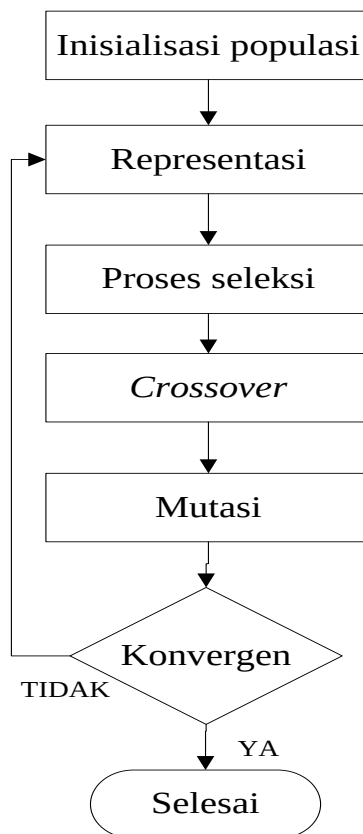
Kemudian substitusikan q^* pada persamaan 3.8, setelah itu dideferensialkan terhadap n untuk mendapatkan frekuensi pengiriman yang optimal, seperti berikut:

$$n_j^* = \sqrt{\frac{(S_{bj} + S_v) + (A_1 + A_2)}{x_j A_3}} \quad \dots \text{Pers (3.10)}$$

Dimana $A_1 = x_j h_v [P(1 - E[y]_j) - 2d_j]$, $A_2 = h_{bj} P(2d_j E[y]_j + x_j E[(1 - y)^2]_j)$, dan $A_3 = h_v (F_{bj} + F_v) [d_j - P(1 - E[y]_j)]$.

3.4 Model dengan Algoritma Genetika

Secara umum algoritma genetika dapat ditunjukkan pada diagram alir berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram Alir Algoritma Genetika

a. Inisialisasi populasi

Inisialisasi berhubungan dengan kemungkinan pembentukan penyelesaian persoalan. Populasi awal dapat dibentuk secara acak atau heuristik. Kesesuaian heuristik akan mengurangi pembentukan generasi yang diperlukan ketika mencari penyelesaian dan mengizinkan AG untuk memulai pencarian pada daerah yang lebih luas. Namun demikian penggunaan heuristik memerlukan perlengkapan tertentu. Pada penelitian ini implementasi populasi awal dibentuk secara acak. Langkah awal untuk memecahkan masalah dengan menggunakan AG adalah representasi dari kromosom. Sekumpulan gen yang membentuk kromosom dapat digunakan untuk menetapkan nilai *string*.

b. Representasi

Representasi memberikan pengaruh kuat terhadap kinerja algoritma genetika. Perbedaan skema representasi dapat menyebabkan perbedaan kinerja dalam hal ketepatan dan waktu perhitungan. Terdapat dua metode umum representasi untuk persoalan optimasi numerik yaitu string biner dan vektor dari bilangan bulat atau bilangan riil. Pada penyelesaian persoalan proses ruting mesin pada makalah ini digunakan representasi bilangan bulat. Setiap gen dalam kromosom dapat digambarkan sebagai mesin atau pekerjaan

Representati gen:

$$\text{Gen 1 : } q_n = 1, 2, 3, \dots, 1000 \quad q_1, q_2, q_3, \dots, q_{1000}$$

$$\text{Gen 2 : } n_j = 1, 2, 3, \dots, 10 \quad n_1, n_2, n_3, \dots, n_{10}$$

Representasi kromosom :

Gen 1	Gen 2
-------	-------

Gambar 3.3 Contoh Representasi

q_1	q_2	q_3	$\dots$	q_{1000}	n_1	n_2	n_3	$\dots$	n_{10}
-------	-------	-------	---------	------------	-------	-------	-------	---------	----------

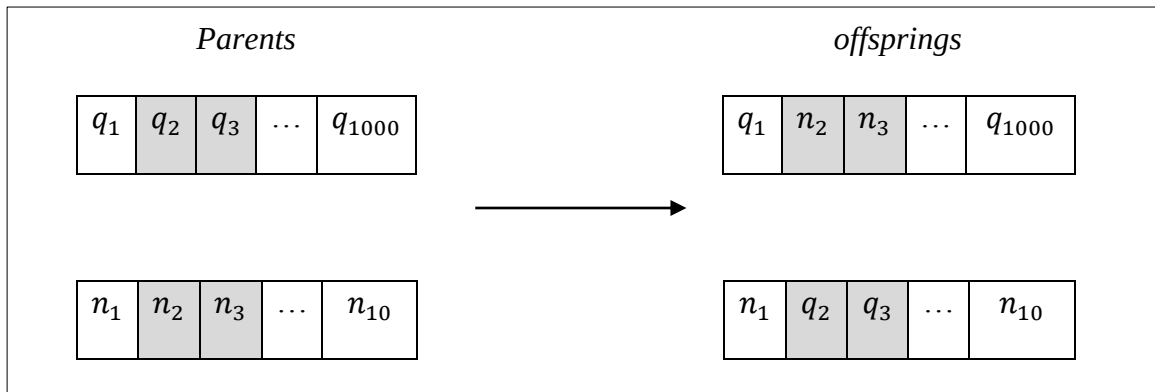
Gambar 3.4 Representasi Kromosom pada variabel keputusan

c. Seleksi

Seleksi adalah proses pemilihan individu terbaik, dalam proses seleksi ini terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu: Mesin *Roulette*, *Competition* dan *Tournament*. Dalam penelitian ini digunakan Mesin *Roulette* yang merupakan metode paling dasar dan model acaknya *uniform*. Seleksi ini dilakukan dengan menggunakan prosentase *fitness* setiap individu, dimana setiap individu mendapatkan luas bagian sesuai dengan prosentase nilai *fitness* nya.

d. Crossover

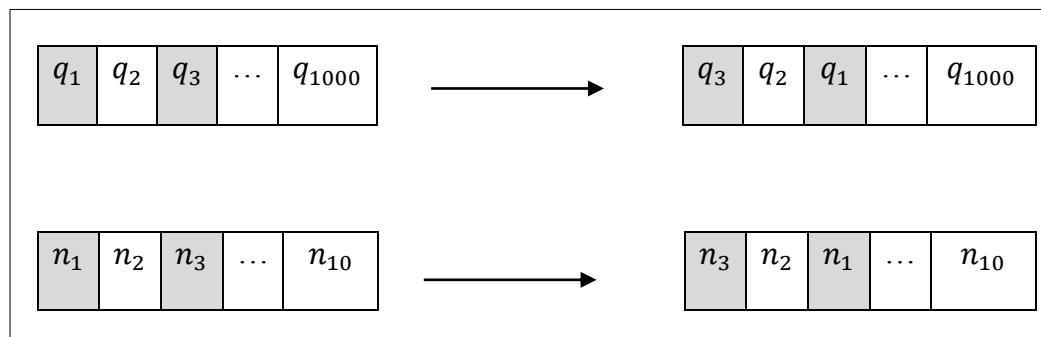
Crossover (perkawinan silang) merupakan proses penkombinasian dua individu untuk mendapat individu-individu baru yang diharapkan mempunyai *fitness* lebih baik. Tidak semua pasangan induk mengalami proses *crossover*, banyaknya pasangan induk yang mengalami *crossover* tergantung nilai probabilitas *crossover*. Gambar *crossover* dapat ditunjukkan pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 3.5 Crossover

e. Mutasi

Mutasi gen merupakan proses penggantian gen dengan nilai inversinya. Proses ini dilakukan secara acak pada posisi gen tertentu pada individu-individu yang terpilih untuk dimutasikan. Banyaknya individu yang dimutasikan tergantung besarnya probabilitas mutasi.



Gambar 3.6 Mutasi

f. Define masalah algoritma genetika

Masalah yang sudah dirumuskan di *software* Excell[®], kemudian dihubungkan ke generator AG NLI-gen[®]. Sebelumnya, variabel yang akan di run sudah diberi pengkodean di *software* Excell[®]. Tujuannya adalah untuk terhubung parameter yang ada di *software* Excell[®] dengan operator Algoritma Genetika. Sehingga ketika software AG dijalankan dengan *software* Excell[®], keduanya saling terhubung.

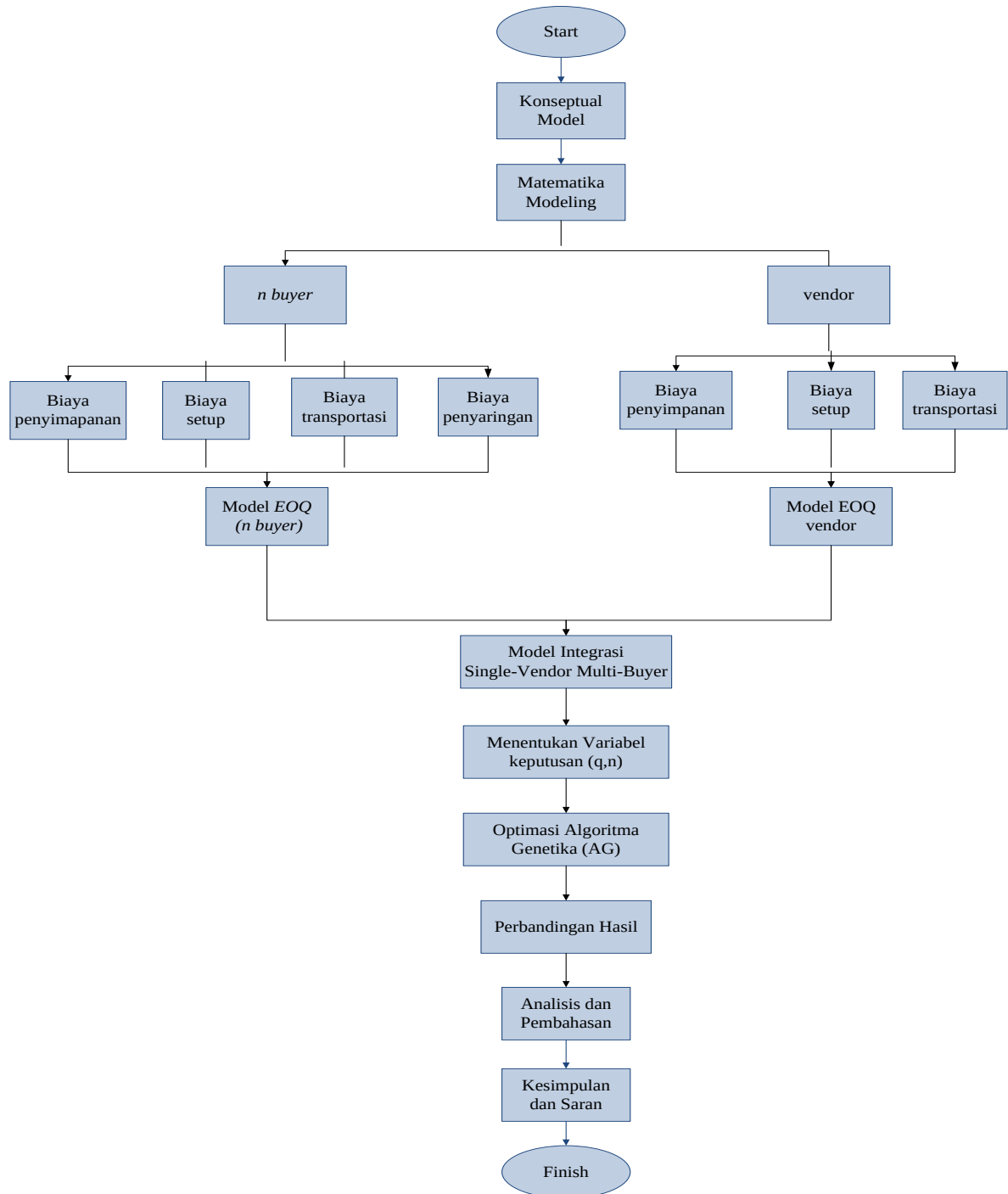
g. Penghentian

Penghentian dilakukan ketika proses run sudah menunjukkan iterasi terakhir, hasil penghentian appread menjadi dekat atau optimal, dimulai dengan penghentian pertama yaitu 100 generasi, 30 populasi, keep best 1, probabilitas mutasi 80 % populasi dan 20 % gen. Demikian dilakukan penghentian selanjutnya dengan problem definition yang berbeda hingga dirasa sudah diperoleh hasil yang optimal.

3.5 Pengambilan data

Data yang digunakan adalah data numerik yang dibangun berdasarkan asumsi dan mengikuti pola dasar yang digunakan Wahab et al. (2011). Alasan menggunakan model ini adalah untuk verifikasi dan validasi terhadap model.

3.6 Kerangka Pemikiran dalam Penelitian



Gambar 3.7 Kerangka Pemikiran

3.7 Penjelasan Kerangka Penelitian

1. Konseptual model

Tahapan yang akan menjelaskan kerangka penelitian dengan penggunaan model yang dimodifikasi. Model yang dimodifikasi pada penelitian ini adalah model rantai pasok *single-vendor multi-buyer*.

2. Matematika model

Tahapan yang akan menjelaskan model yang digunakan pada penelitian ini berdasarkan model dari penelitian (Wahab et al., 2011).

3. Perbandingan hasil

Tahapan yang akan membandingkan hasil dari jumlah kuantitas optimal (q^*), frekuensi pengiriman optimal (n^*), dan total biaya gabungan yang diharapkan ($E[UTC]$) dari perhitungan manual model rantai pasok *single-vendor multi-buyer* dan sesudah dioptimasi menggunakan algoritma genetika.

4. Analisis dan pembahasan

Tahapan yang akan menganalisis hasil dari jumlah kuantitas optimal (q^*), frekuensi pengiriman optimal (n^*), dan total biaya gabunganyang diharapkan ($E[UTC]$) dari model rantai pasok *single-vendor multi-buyer*.

5. Kesimpulan dan saran

Tahapan yang akan menjelaskan seluruh rangkaian penelitian telah selesai sehingga dapat ditarik kesimpulan berdasarkan hasil yang didapatkan. Pemberian saran juga dilakukan untuk mengembangkan hasil penelitian ini agar berguna untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya mengenai permasalahan yang sama.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini dipresentasikan pengumpulan dan pengolahan data sesuai dengan rancangan penelitian yang akan dilakukan. Struktur penulisan bab empat sebagai berikut:

4.1 Data

Pada penelitian ini digunakan data numerik yang dibangun berdasarkan asumsi dan mengikuti pola dasar yang digunakan Wahab et.al (2011). Melalui data ini model kemudian verifikasi dan validasi terhadap model.

4.1.1 Data Vendor

Tabel 4.1 Data Vendor

No.	Parameter	Simbol	Nilai dan Satuan
1	Jumlah produksi <i>vendor</i>	P	160000 unit
3	Biaya penyimpanan inventori <i>vendor</i>	h_v	2 USD/Unit/Tahun
4	Biaya <i>setup</i> vendor	S_v	300 USD/Siklus
5	Biaya variable transportasi <i>vendor</i>	C_v	1 USD/unit
6	Biaya Transportasi Tetap	F_v	19 USD/delivery

4.1.2 Data Buyer

Data pada tabel 4.3 dibawah ini adalah data transaksi antara *vendor* dan semua *buyer* dalam satu kali siklus transaksi seperti data permintaan (d_j), biaya *setup* buyer (S_{bj}), biaya

penyimpanan inventori *buyer* (h_{bj}), tingkat penyaringan setiap *buyer* (x_j), biaya penyaringan setiap *buyer* (k_j), biaya transportasi *buyer* (F_{bj}), jumlah pengiriman dari *vendor* ke setiap *buyer* (n_j), kuantiti setiap *buyer* (q_j), ekspektasi persentase cacat barang pada setiap *buyer* ($E[y]_j$). Tabel 4. 1 Data inventori *Buyer* sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data inventori *Buyer*

Buyer	d_j	S_{bj}	h_{bj}	x_j	F_{bj}	k_j	$(E[y])_j$
1	20000	\$100	\$5	175200	\$25	0.5	0.25
2	15000	\$150	\$10	165000	\$30	0.5	0.15
3	15000	\$200	\$15	155000	\$35	0.5	0.05

4.1.3 Perhitungan Total Biaya Inventori yang Diharapkan Rantai Pasok *Single-Vendor Multi-Buyer*.

Untuk menghitung total biaya yang diharapkan pada rantai pasok *single-vendor multi-buyer* perlu menentukan nilai kuantitas pesanan optimal (q_j^*) untuk *buyer* 1, *buyer* 2 dan *buyer* 3 (persamaan 3.9) dengan terlebih dahulu menentukan frekuensi pengiriman optimal (n_j^*) untuk *buyer* 1, *buyer* 2 dan *buyer* 3 menggunakan persamaan 3.10, seperti berikut:

- Frekuensi pengiriman optimal untuk masing-masing *buyer*

$$n_j^* = \sqrt{\frac{(S_{bj} + S_v) + (A_1 - A_2)}{x_j A_3}}$$

Frekuensi pengiriman optimal untuk *buyer* 1 :

$$A_1 = x_1 h_v [P(1 - E[y]_1) - 2d_1]$$

$$A_1 = 175200 \times 2[160000(1 - 0.25) - 2 \times 20000] = 28032000000$$

$$A_2 = h_{b1}P(2d_1E[y]_1 + x_1E[(1 - y)^2]_1)]$$

$$A_2 = 5 \times 160000(2 \times 20000 \times 0.25 + 175200 \times 0.58]) = 89760000000$$

$$A_3 = h_v(F_{b1} + F_v)[d_1 - P(1 - E[y]_1)].$$

$$A_3 = 2(25 + 19)[20000 - 160000(1 - 0.25)] = -8800000$$

$$n_1^* = \sqrt{\frac{(100 + 300) + (28032000000 - 89760000000)}{175200 \times -8800000}} = 4$$

- Frekuensi pengiriman optimal untuk *buyer* 2

$$n_2^* = \sqrt{\frac{(150 + 300) + (34980000000 - 99960000000)}{165000 \times -11858000}} = 6$$

- Frekuensi pengiriman optimal untuk *buyer* 3

$$n_3^* = \sqrt{\frac{(200 + 300) + (40260000000 - 120440000000)}{155000 \times -13426000}} = 8$$

Setelah mendapatkan frekuensi pengiriman optimal masing-masing *buyer* (n_j^*), selanjutnya mensubstitusikan nilai (n_j^*) ke persamaan 3.9 seperti berikut:

$$q_j^* = \sqrt{\frac{2x_jd_jP\{n_j(F_{bj} + F_v) + (S_{bj} + S_v)\}}{n_j(Ph_{bj}\{2d_jE[y]_j + x_jE[(1 - y)^2]_j\} + x_jh_v\{d_j(2 - n_j) + P(n_j - 1)(1 - E[y]_j)\})}}$$

- Kuantitas pesanan optimal untuk *buyer* 1

$$q_1^* = \sqrt{\frac{2 \times 175200 \times 20000 \times 160000 \{4(25 + 19) + (100 + 300)\}}{4 \left(\frac{160000 \times 5 \{2 \times 20000 \times 0.25 + 175200 \times 0.58\} + 175200 \times 10}{2 \{20000(2 - 4) + 160000(4 - 1)(1 - 0.25)\}} \right)}} = 894.01$$

Kuantitas pesanan optimal untuk *buyer* 2

$$q_2^* = \sqrt{\frac{2 \times 165000 \times 15000 \times 160000 \{4(30 + 19) + (150 + 300)\}}{4 \left(\frac{160000 \times 10 \{2 \times 15000 \times 0.15 + 165000 \times 0.73\} + 165000 \times 10}{2 \{15000(2 - 4) + 160000(4 - 1)(1 - 0.15)\}} \right)}} = 485.06$$

- Kuantitas pesanan optimal untuk *buyer* 3

$$q_3^* = \sqrt{\frac{2 \times 155000 \times 15000 \times 160000 \{4(30 + 19) + (200 + 300)\}}{4 \left(\frac{160000 \times 15 \{2 \times 20000 \times 0.05 + 155000 \times 0.58\} + 155000 \times 10}{2 \{20000(2 - 4) + 160000(4 - 1)(1 - 0.05)\}} \right)}} = 364.85$$

Setelah mendapatkan frekuensi pengiriman optimal (n_j^*) dan kuantitas pesanan optimal masing-masing *buyer* (q_n^*) selanjutnya akan menghitung total biaya inventori yang diharapkan pada rantai pasok *single-vendor multi-buyer* dengan mensubstitusikan nilai nilai (n_j^*) dan (q_n^*) pada persamaan 3.8, seperti berikut:

$$\begin{aligned}
E[UTC(q, n)]_{sc} &= \sum E[UTC(q, n)]_{b,j} \\
&= \sum_{j=1}^n \left[\frac{d_j}{(1 - E[y])_j} \left[\frac{q_j h_{bj}}{2} \left(\frac{E[y]_j}{x_j} + \frac{E[(1 - y)^2]_j}{d_j} \right) + \frac{1}{q_j} \left(\frac{S_{bj}}{n_j} F_{bj} \right) + k_j \right] \right. \\
&\quad \left. + DQ_v \left[\frac{h_v}{P(1 - E[Y])} \left(1 - \frac{N}{2} \right) + \frac{h_v}{2D} (N - 1) \right] \right. \\
&\quad \left. + \sum_{j=1}^n \left[\frac{h_{bj} d_j q_j E[y]_j}{2x_j (1 - E[y]_j)} + \frac{d_j \left(\frac{F_v}{q_j} + C_v E[y]_j \right)}{1 - E[y]_j} \right] + \frac{DS_v}{NQ(1 - E[Y])} \right]
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E[UTC(q, n)]_{sc} &= \sum E[UTC]_{b,j} \\
&= \sum_{j=1}^3 \left[\frac{20000}{0.75} \left[\frac{894.01 \times 5}{2} \left(\frac{0.25}{175200} + \frac{0.58}{50000} \right) + \frac{1}{894.01} \left(\frac{100}{4} 25 \right) + 0.5 \right] \right. \\
&\quad \left. + \left[\frac{15000}{0.73} \left[\frac{485.06 \times 10}{2} \left(\frac{0.15}{165000} + \frac{0.73}{40000} \right) + \frac{1}{485.06} \left(\frac{150}{4} 30 \right) + 0.5 \right] \right] \right. \\
&\quad \left. + \left[\frac{15000}{0.90} \left[\frac{485.06 \times 15}{2} \left(\frac{0.05}{155000} + \frac{0.90}{50000} \right) + \frac{1}{485.06} \left(\frac{200}{4} 35 \right) + 0.5 \right] \right] \right. \\
&\quad + [50000 \times 1743.92 [2/(160000(1 - 0.45)) (1 - 18/2) + 2/(2 \\
&\quad \times 50000) (18 - 1) +] + [(5 \times 20000 \times 894.01 \times 0.25)/(2 \times 175200(1 \\
&\quad - 0.25)) + 20000(2/894.01 + 1 \times 0.25)/(1 - 0.25)] + [(10 \times 15000 \\
&\quad \times 485.06 \times 0.15)/(2 \times 165000(1 - 0.15)) + 15000(2/485.06 + 1 \\
&\quad \times 0.15)/(1 - 0.15)] + [(15 \times 15000 \times 364.85 \times 0.05)/(2 \times 155000(1 \\
&\quad - 0.05)) + 15000(2/364.85 + 1 \times 0.05)/(1 - 0.05)] + (50000 \\
&\quad \times 300)/(18 \times 1743.92(1 - 0.45))]
\end{aligned}$$

$$E[UTC(q, n)]_{sc} = 69684.63 \text{ USD}$$

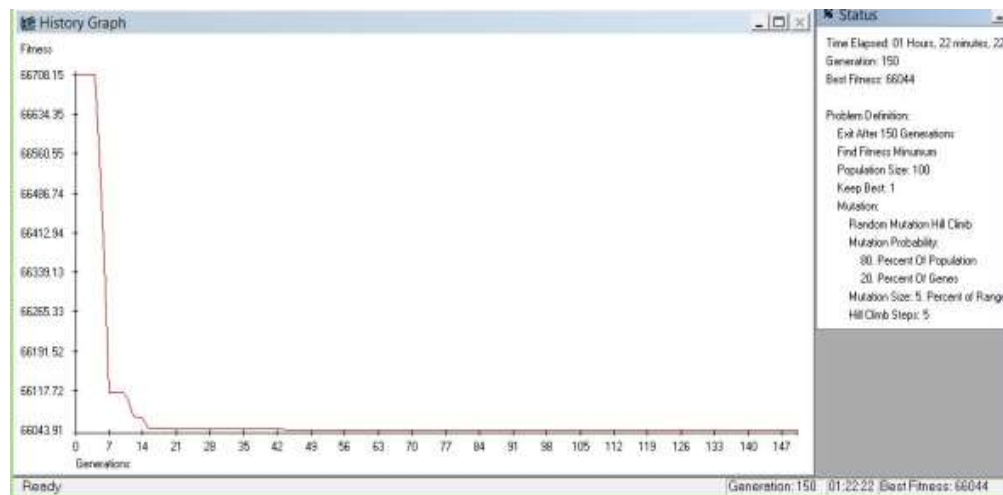
Sehingga didapatkan total biaya pada rantai pasok *single-vendor multi-buyer* sebesar 69684.63 USD dengan frekuensi pengiriman optimal masing-masing *buyer* $n_1^* = 4$, $n_2^* = 6$ dan $n_3^* = 8$ kali dan kuantitas pesanan optimal masing-masing *buyer* $q_1^* = 894.01$; $q_2^* = 485.06$ dan $q_3^* = 364.85$.

4.2 Optimasi Algoritma Genetika

Disebabkan model yang dibangun dari hasil kajian pustaka peneliti belum mengoptimasi model tersebut. Disamping itu baru di aplikasikan terhadap *single vendor* dan *single buyer*. Sedangkan pada penelitian ini dicobakan pada *single vendor* dan *multi buyer*. Perhitungan total biaya *single vendor* dan 3 *buyer* telah dinyatakan diatas. Untuk lebih mengoptimalkan hasil dari model yang dikembangkan ini maka dilakukan optimasi dengan artifisial intelligent AG.

Pelaksanaan optimasi dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Mencari generasi yang memadai yaitu generasi yang mencukupi terjadinya konvergensi pada saat dilakukan optimasi. *Setting* parameter yang dilakukan dengan *keep best* =1, ukuran populasi 100; kecepatan mutasi, 80 % kecepatan mutasi terhadap populasi dan 20 % kecepatan mutasi terhadap gen. Ditemukan generasi yang mencukupi dengan nilai *fitness* optimal.



Gambar 4.1 Hasil pencarian generasi yang mencakupi untuk konvergensi optimal

Berdasarkan gambar diatas didapatkan nilai *fitness* optimal sebesar 66044 dan diperoleh hasil yang konvergen dengan jumlah 150 generasi. Titik konvergensi dari grafik tersebut dimulai pada generasi ke-43. Dengan demikian jumlah generasi pada percobaan ini dapat digunakan untuk tahap percobaan selanjutnya.

2. Setelah diperoleh generasi yang mencakupi untuk konvergensi yang optimal, maka dilakukan percobaan lanjutan sebagai berikut
 - a. Melakukan variasi populasi di mulai dari 10 hingga 90, dengan setting parameter kecepatan mutasi, 80 % kecepatan mutasi terhadap populasi dan 20 % kecepatan mutasi terhadap gen. Sehingga diperoleh populasi terbaik dengan nilai *fitness* optimal. Hasil percobaan ini dapat dilihat di tabel 4.1 sebagai berikut:

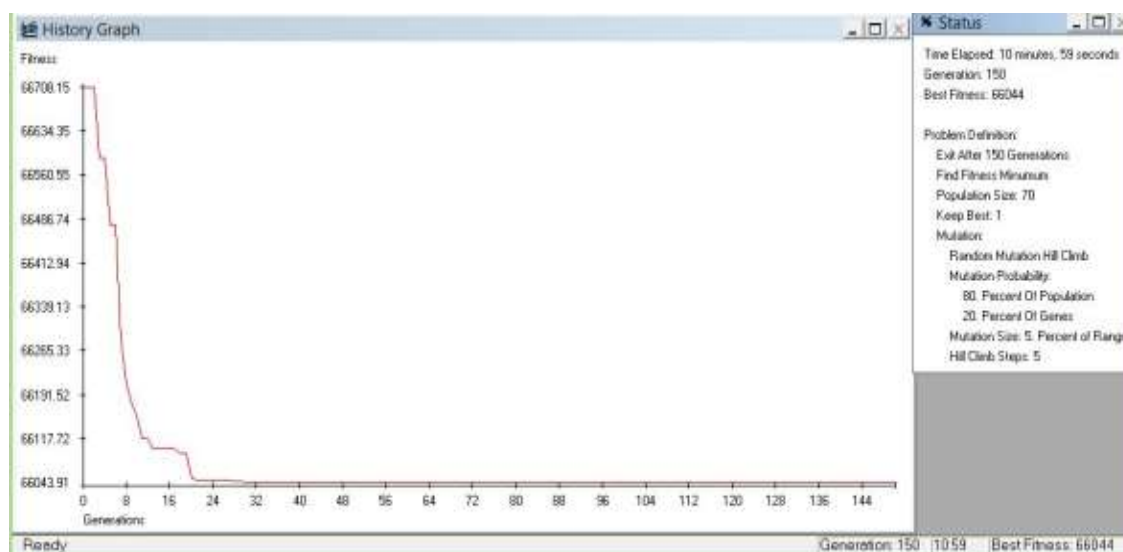
Tabel 4.3 Hasil percobaan populasi terbaik

Populasi	Persentase Mutasi		Generasi	Fitness Terbaik	Konvergen Pada Generasi Ke-	Time Elapsed (Minute)
	Populasi	Gen				
10	80	20	150	66044	81	8,01
20	80	20	150	66044	32	16,26
30	80	20	150	66044	38	23,15
40	80	20	150	66044	59	34,16
50	80	20	150	66044	38	28,14
60	80	20	150	66044	39	34,12
70	80	20	150	66044	28	10,59
80	80	20	150	66044	31	41,52
90	80	20	150	66044	34	46,53

Keterangan: warna abu-abu = percobaan terbaik

Dari tabel diatas dapat diketahui pada populasi 10 sampai dengan 90 nilai *fitness* dengan generasi yang sama memberikan nilai *fitness* yang sama yaitu 66044 USD, walaupun saat terjadinya konvergensi berbeda. Asumsi kriteria pemilihan hasil optimasi terbaik yaitu nilai *fitness* yang terkecil karena penelitian ini bertujuan untuk mencari total biaya yang paling rendah, titik konvergensi yang paling cepat dan konsumsi waktu (*time elapsed*)

tercepat. Oleh karena nilai *fitness* yang didapatkan pada percobaan dengan populasi 10 sampai dengan 90 bernilai sama, maka akan diambil titik konvergensi tercepat sebagai hasil percobaan terbaik. Adapun hasil percobaan terbaik adalah pada populasi 70 dan mulai konvergen pada generasi ke-28 dengan konsumsi waktu 10,59 menit. Grafik hasil percobaan terbaik dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini:



Gambar 4.2 Hasil Populasi Terbaik

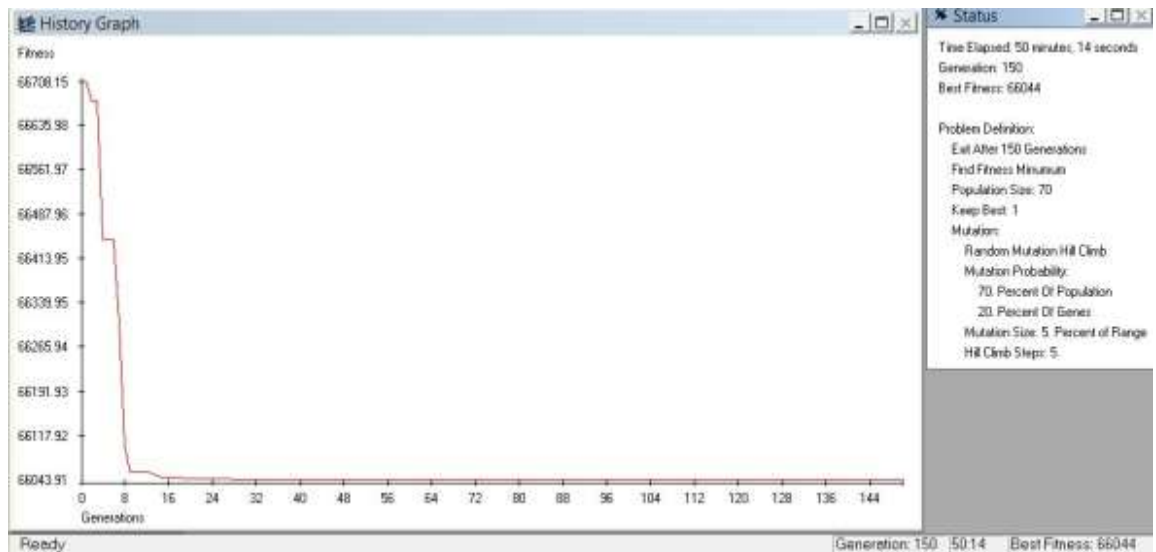
- b. Melakukan percobaan dengan variasi kecepatan mutasi terhadap populasi mulai dari 10 hingga 70 % dengan setting parameter generasi terbaik (poin 1)n dan populasi terbaik (poin 2a), dan 20 % kecepatan mutasi terhadap gen.

Tabel 4.4 Hasil Percobaan kecepatan mutasi terhadap populasi

Populasi	Persentase Mutasi		Generasi	<i>Fitness</i> Terbaik	Konvergensi Pada Generasi Ke-	Time Elapses (Menit)
	Populasi	Gen				
70	10	20	150	66047	Belum Konvergen	21,20

Populasi	Persentase Mutasi		Generasi	Fitness Terbaik	Konvergensi Pada Generasi Ke-	Time Elapses (Menit)
	Populasi	Gen				
70	20	20	150	66070	81	28,45
70	30	20	150	66044	64	33,21
70	40	20	150	66044	51	37,07
70	50	20	150	66044	38	41,29
70	60	20	150	66044	50	43,38
70	70	20	150	66044	30	50,14

Keterangan: warna abu-abu = percobaan terbaik



Gambar 4.3 Hasil percobaan kecepatan mutasi terhadap populasi

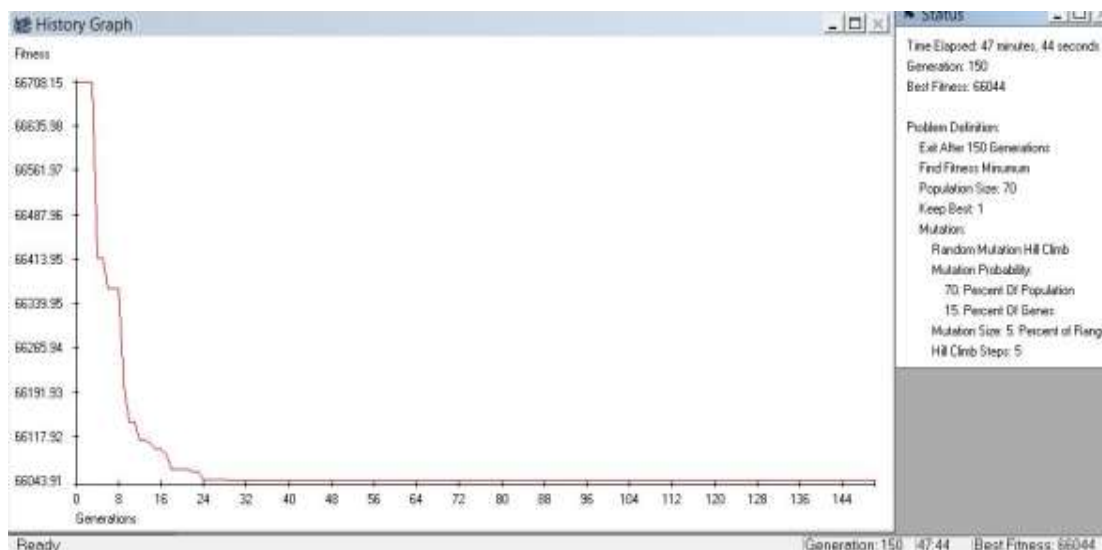
Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan kecepatan mutasi 70% terhadap populasi, akan memberikan hasil yang lebih baik dengan *fitness* sebesar 66044. Pada grafik menunjukkan mulai konvergen pada generasi ke-29 dengan konsumsi waktu 50,14 menit.

- c. Melakukan percobaan dengan variasi kecepatan mutasi terhadap gen dari (0,5-15) % dengan dengan *setting* parameter generasi terbaik (poin 1)n dan populasi terbaik (poin 2a), dan (poin 2b)

Tabel 4.5 Hasil Percobaan mutasi terhadap gen

Populasi	Persentase Mutasi		Generasi	Fitness Terbaik	Konvergensi Pada Generasi Ke-	Time Elapses (Menit)
	Populasi	Gen				
70	70	0,5	150	66053	Belum konvergen	17,07
70	70	1	150	66072	73	19,34
70	70	5	150	66044	56	28,44
70	70	10	150	66044	42	24,51
70	70	15	150	66044	28	47,44

Keterangan: warna abu-abu = percobaan terbaik



Gambar 4.4 Hasil percobaan mutasi terhadap gen terbaik

Setelah melakukan percobaan-percobaan dengan algoritma genetika yang bertujuan mengoptimalkan total biaya inventori (*fitness*), maka didapatkan percobaan yang terbaik dengan *setting* parameter *keep best* =1, ukuran populasi 70; kecepatan mutasi, 70 % kecepatan mutasi terhadap populasi dan 15 % kecepatan mutasi terhadap gen memiliki hasil *fitness* sebesar 66044. Percobaan ini mulai konvergen pada generasi ke-28 dan membutuhkan konsumsi waktu 47,44 menit.

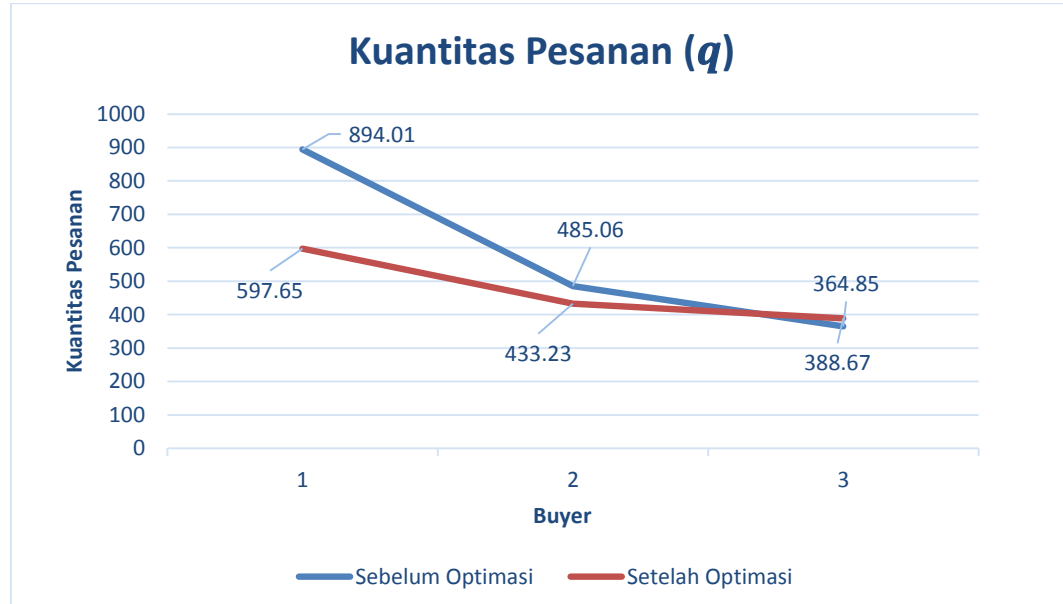
4.3 Hasil Optimasi Algoritma Genetika

Optimasi model menggunakan algoritma genetika dilakukan untuk mengoptimalkan jumlah kuantitas pesanan (*q*) dan frekuensi pengiriman (*n*) sehingga didapatkan total biaya inventori *single-vendor multi-buyer* yang minimum. Berdasarkan percobaan-percobaan yang telah dilakukan hasil optimasi algoritma genetika dapat ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

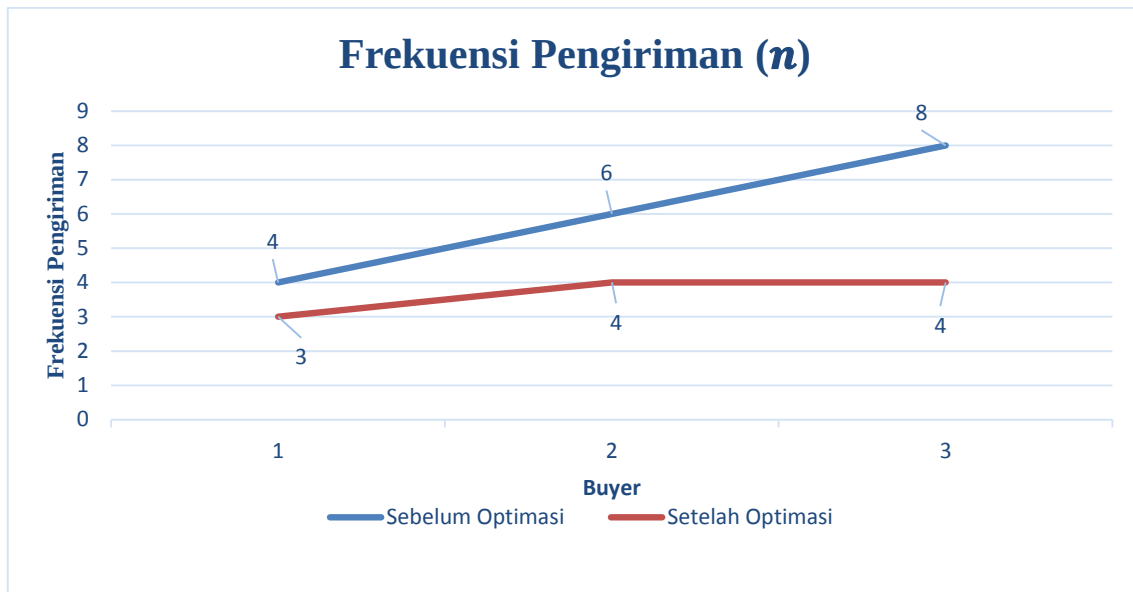
Tabel 4.6 Perbandingan Perhitungan Model EOQ dan Algoritma Genetika

Buyer	Model EOQ		Total Biaya	Algoritma Genetika		Total Biaya
	q^*	n^*		q^*	n^*	
1	894.01	4	69684.63	597.65	3	66043.93
2	485.06	6		433.23	4	
3	364.85	8		388.67	4	

Dari tabel 4.6 dapat dilihat pengurangan total biaya inventori *single-vendor multi-buyer* setelah dioptimasi menggunakan algoritma genetika sebesar 3640.7 USD. Sehingga jika di persentase besarnya pengurangan total biaya inventori setelah dilakukan optimasi menggunakan algoritma genetika sebesar $\frac{69684.63 - 66043.93}{69684.63} \times 100\% = 5.2\%$ dari total biaya sebelumnya. Adapun perubahan-perubahan nilai variabel keputusan setelah dilakukan optimasi ditunjukkan pada gambar 4.5 dan 4.6 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Variabel keputusan kuantitas pesanan sebelum dan sesudah optimasi



Gambar 4.6 Variabel keputusan frekuensi pengiriman sebelum dan sesudah optimasi

Pada gambar 4.5 dan 4.6 dapat diketahui selisih variabel keputusan kuantitas pesanan (q) dan frekuensi pengiriman (n) yang terjadi setelah dilakukan optimasi. Pada *buyer* 1 selisih q_1 sebesar 597,65 unit dan n_1 sebanyak 1 kali. Kemudian pada *buyer* 2 selisih q_2 sebesar 51,83 dan n_2 sebanyak 4 kali. Sedangkan pada *buyer* 3 selisih q_3 sebesar 23,82 unit dan n_3 sebanyak 4 kali.

BAB V

PEMBAHASAN

Bab ini melakukan pembahasan hasil yang diperoleh dari serangkaian penelitian dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan kesimpulan penelitian.

5.1 Analisis Dampak Terhadap Variabel Keputusan

Dalam suatu fungsi tujuan terdapat beberapa variabel keputusan, dimana nilainya ditentukan oleh pengambil keputusan yang akan berdampak pada hasil akhir dari fungsi tujuan tersebut. Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah meminimasi total biaya inventori gabungan antara *vendor* dan ketiga *buyer*. Sedangkan yang menjadi variabel keputusan adalah kuantitas pesanan dan frekuensi pengiriman untuk masing-masing *buyer*. Setelah didapatkan total biaya inventori yang optimal berdasarkan hasil optimasi algoritma genetika, maka dapat diketahui perubahan nilai variabel keputusan. Terjadinya perubahan pada variabel keputusan ini karena algoritma genetika dapat menghilangkan semua bentuk asumsi atau pembatas dalam model. Sehingga didapatkan nilai total biaya inventori yang lebih optimal.

Adapun perubahan variabel keputusan yang terjadi yaitu pada *buyer* 1 yang semula nilai $q_1 = 894,01$ dan $n_1 = 4$ menjadi $q_1 = 597,65$ dan $n_1 = 3$. Kemudian pada *buyer* 2 yang semula nilai $q_2 = 485,06$ dan $n_2 = 6$ menjadi $q_2 = 433,23$ dan $n_2 = 4$. Sedangkan pada *buyer* 3 yang semula nilai $q_3 = 364,85$ dan $n_3 = 8$ menjadi $q_3 = 388,67$ dan $n_3 = 4$.

5.2 Optimasi Model Dengan Algoritma Genetika

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Huang (2004) yang mengembangkan model EOQ untuk menentukan kebijakan inventori yang optimal pada level *single-vendor single-buyer*. Kemudian Wahab et al., (2011) menentukan total biaya inventori yang optimal pada level *single-vendor single-buyer* dengan mempertimbangkan adanya barang cacat. Kemudian Chan et al. (2007) menentukan total biaya inventori optimal pada level *single-vendor multi-buyer* yang terintegrasi dengan mensinkronisasi pengiriman dan siklus produksi. Selanjutnya Yang et. al (2012) mengusulkan metode Algoritma Genetika untuk memecahkan sistem inventori *multi-buyer*, *multi-produk* dan *multi-periode* dengan *backlogging* dan kapasitas transportasi. Hingga Chairul Saleh et al. (2014) yang mengoptimasi kasus *single-vendor multi-retailer* menggunakan algoritma genetika dan hasilnya memberikan peningkatan keuntungan kepada manufaktur sebesar 37,14%. Maka dari penelitian-penelitian sebelumnya dapat dijadikan kajian pendukung. Kemudian rekomendasi yang diberikan memunculkan ide untuk memodifikasi model pada penelitian Wahab et al., (2011) menjadi *single-vendor multi-buyer* yang dioptimasi menggunakan metode algoritma genetika. Sehingga didapatkan hasil total biaya inventori yang optimal.

Sebelum dilakukan optimasi menggunakan metode algoritma genetika dilakukan verifikasi terhadap model. Verifikasi dilakukan dengan cara menghitung ulang fungsi tujuan model EOQ *single-vendor single-buyer* dengan menggunakan data yang sama. Setelah dinyatakan valid kemudian model dimodifikasi menjadi model EOQ *single-vendor multi buyer*. Seluruh perhitungan model diprogram menggunakan *software* Microsoft® Excel 2013 agar memudahkan perhitungan jika terjadi perubahan nilai-nilai parameter atau

variabel. Selanjutnya model yang telah dimodifikasi dioptimasi menggunakan *software* algoritma genetika NLI-gen®. Pada awalnya fungsi tujuan ($E[UTC]$) dan variabel keputusan yaitu kuantitas pesanan (q) dan frekuensi pengiriman (n) yang telah diprogram dalam *software* Microsoft® Excel 2013 didefinisikan (*define*) untuk dihubungkan dengan *software* algoritma genetika NLI-gen®.

Terdapat beberapa langkah percobaan yang dilakukan dalam optimasi algoritma genetika. Pada langkah percobaan pertama yaitu menentukan generasi yang mencukupi terjadinya konvergensi pada saat dilakukan optimasi. Generasi yang konvergen selanjutnya digunakan pada langkah percobaan kedua yaitu menentukan jumlah populasi yang terbaik. Setelah didapatkan hasil generasi dan populasi terbaik dari langkah percobaan sebelumnya, selanjutnya hasil tersebut digunakan untuk langkah percobaan ketiga yaitu menentukan persentase mutasi terhadap populasi. Kemudian langkah percobaan keempat yaitu menentukan persentase mutasi terhadap gen menggunakan hasil terbaik pada langkah percobaan pertama, kedua dan ketiga. Adapun kriteria pemilihan percobaan terbaik adalah berdasarkan nilai *fitness* yang optimal, grafik konvergensi dan konsumsi waktu yang tercepat.

Dari seluruh langkah percobaan optimasi algoritma genetika diperoleh nilai *fitness* optimal sebesar 66044 pada generasi 150, populasi 70, kecepatan mutasi 70% terhadap populasi dan 15% terhadap gen, konvergen pada generasi ke-28 dengan konsumsi waktu 47,44 menit. Dari hasil nilai *fitness* optimal tersebut memberikan efisiensi penurunan total biaya inventori sebesar 5,2% dari total biaya sebelumnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran terhadap hasil yang telah dicapai. Selanjutnya dapat disampaikan rekomendasi penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adapun perubahan variabel keputusan yang terjadi yaitu pada *buyer* 1 yang semula nilai $q_1 = 894,01$ dan $n_1 = 4$ menjadi $q_1 = 597,65$ dan $n_1 = 3$. Kemudian pada *buyer* 2 yang semula nilai $q_2 = 485,06$ dan $n_2 = 6$ menjadi $q_2 = 433,23$ dan $n_2 = 4$. Sedangkan pada *buyer* 3 yang semula nilai $q_3 = 364,85$ dan $n_3 = 8$ menjadi $q_3 = 388,67$ dan $n_3 = 4$.
2. Total biaya inventori model EOQ pada level *single-vendor multi-buyer* yang dioptimasi menggunakan algoritma genetika memberikan hasil sebesar 66044 USD. atau memberikan efisiensi penurunan sebesar 5,2%.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil penelitian yang dapat dijadikan acuan untuk perbaikan dan penyempurnaan penelitian dimasa yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan model pada level *multi-vendor multi-buyer*.
2. Melakukan optimasi dengan menggunakan metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, 1999. *Manajemen Pemasaran*. Raja Grafindo Persada; Jakarta Bungin, Burhan. 2007, *Penelitian Kualitatif*. Kencana; Jakarta
- Banerjee, A., 1986b. A joint economic lot-size model for purchaser and vendor. *Decision Sciences* 17, 292–311
- Chairul Saleh, (2005a). Determination of Common Due Date on Single Machine Schedule with Sequence Dependent Set-Up Time using Genetic Algorithm. *National Proceedings Seminar Industrial Technique, 24-25 June 2005. ISSN: 1412 – 338X*.
- Chairul Saleh, (2005b). Optimization of Production Scheduling on Cel Manufacturing Through AG-2LP Approach. *National Proceedings Seminar 2005, “Implementing Supply Chain Management and Logistics in the Field of Industry”*. Surabaya, September 29th, ISBN: 979 – 25 – 0800 – 7
- Chan, C., & Kingsman, B. (2007). Coordination in a single-vendor multi-buyer supply chain by synchronizing delivery and production cycles. *Transportation Research Part E*, 43, 90-111.
- Chopra, S., Meindl, P., (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations*. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Chopra, S. & Meindl, P., (2004). *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Control*.
- Goldberg, D. E., & Holland, J. H. (1988). Genetic algorithms and machine learning. *Machine learning*, 3(2), 95-99.
- Griffin, R.W., (1996). *Management*, Second Edition, Boston: Houghton Mifflin Press.
- Goyal, S.K. (1976), “An integrated inventory model for a single supplier – single customer problem”, *International Journal of Production Research* 15:107-111.
- Goyal, S.K. (1988), “A joint economic-lot- size model for purchaser and vendor: A comment”, *Decision Sciences* 19: 236- 241
- Goyal, S.K., dan Gupta, Y.P. (1989), “Integrated inventory models: The buyer-vendor coordination”, *European Journal of Operational Research* 41:261-269
- Goyal, S.K., (1995). A One Vendor Multi Buyer Integrated Inventory Model: A Comment. *European Journal of Operational Research* 82 (1), 209-210

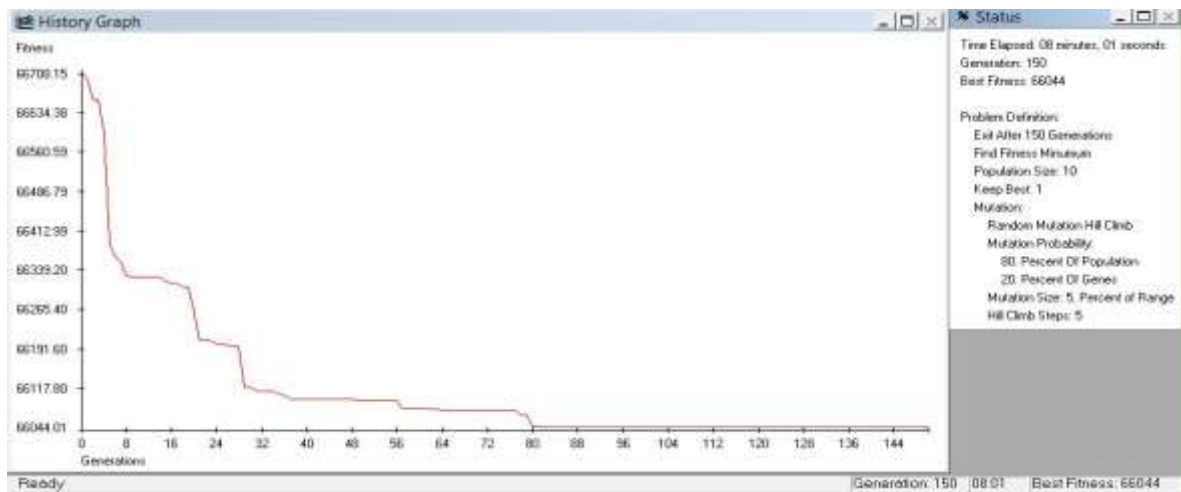
- Goyal, S.K., (2000). On improving the single-vendor single buyer integrated production inventory model with a generalized policy. *European Journal of Operational Research* 125, 429–430.
- Goyal, S.K. (2000), “On improving the single-vendor single-buyer integrated production inventory model with a generalized policy”, *European Journal of Operational Research* 125:429-430.
- Heizer, J.H., Render, B. & Weiss, H.J., (2004). *Operations management*, Pearson Prentice Hall.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. U Michigan Press.
- Huang, C.-K. (2004). An optimal policy for a single-vendor single-buyer integrated production–inventory problem with process unreliability consideration. *International Journal of Production Economics*, 91(1), 91–98. doi:10.1016/S0925-5273(03)00220-2
- Hsu, J.T. & Hsu, L.F., (2012). An integrated single-vendor single-buyer production-inventory model for items with imperfect quality and inspection errors. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 3(5), pp.703–720.
- Indrajit, R.E. & Djokopranoto, R., (2002). Konsep Manajemen Supply Chain. *Cara Baru Memandang Mata Rantai Penyediaan Barang*, Jakarta, GRASINDO, 264.
- Ling, Li. (2007). Supply chain management: Concepts, techniques and practices enhancing value through collaboration. *Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd*
- Nachiappan, S.P. & Jawahar, N., (2007). A genetic algorithm for optimal operating parameters of VMI system in a two-echelon supply chain. *European Journal of Operational Research*, 182(3), pp.1433–1452.
- Pasandideh, S. H. R., Niaki, S. T. A., & Yeganeh, J. A. (2010). A parameter-tuned genetic algorithm for multi-product economic production quantity model with space constraint, discrete delivery orders and shortages. *Advances in Engineering Software*, 41(2), 306–314. doi:10.1016/j.advengsoft.2009.07.001
- Pasandideh, S.H.R., Niaki, S.T.A. & Nia, A.R., (2011). A genetic algorithm for vendor managed inventory control system of multi-product multi-constraint economic order quantity model. *Expert Systems with Applications*, 38(3), pp.2708–2716.
- Simchi-Levi, D. (2005). *Designing and managing the supply chain*. Mcgraw-Hill College.
- Suyanto, (2005). *Algoritma Genetika dalam Matlab*. Yogyakarta: Andi Offset

- Teng, J.-T. (2009). A simple method to compute economic order quantities. *European Journal of Operational Research*, 198(1), 351–353. doi:10.1016/j.ejor.2008.05.019
- Saleh, C., Hassan, A., Deros, B. M., Rahman, M. N. A., Leuveano, R. A. C., & Adiyoga, A. (2014). Parameter Optimization of VMI system in a manufacturer and Multi Retailer using Genetic Algorithm. *International Conference on Advanced Manufacturing and Materials Engineering*.
- Wahab, M. I. M., Mamun, S. M. H., & Ongkunaruk, P. (2011). EOQ models for a coordinated two-level international supply chain considering imperfect items and environmental impact. *International Journal of Production Economics*, 134(1), 151–158. doi:10.1016/j.ijpe.2011.06.008
- Yang, W., Chan, F. T. S., & Kumar, V. (2012). Optimizing replenishment polices using genetic algorithm for single-warehouse multi-retailer system. *Expert Systems with Applications*, 39, 3081–3086
- Zulfikarijah, Fien (2005). *Manajemen Persediaan*. Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

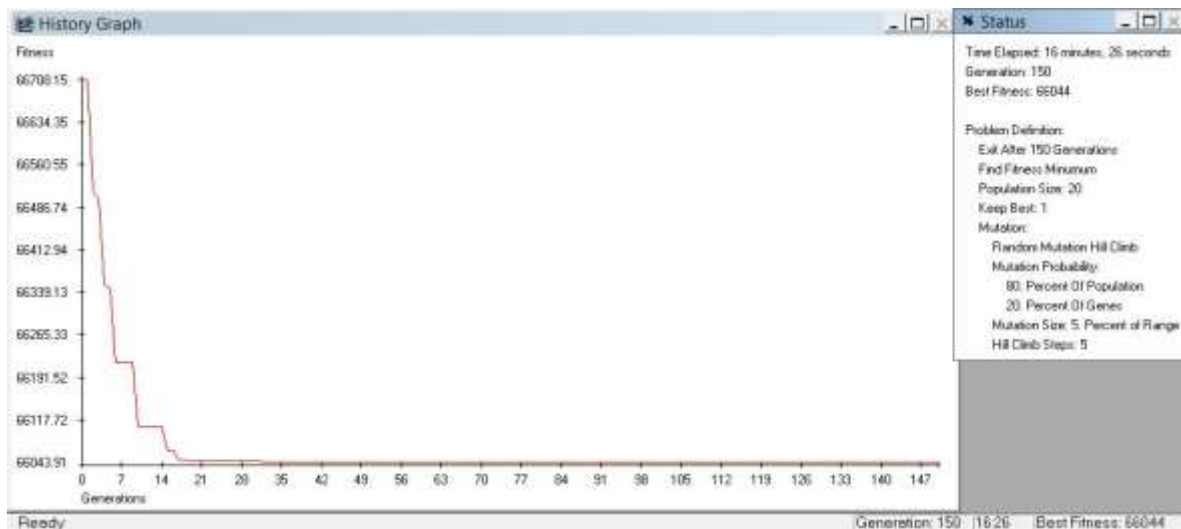
LAMPIRAN

Lampiran Hasil Percobaan Genetika Algoritma

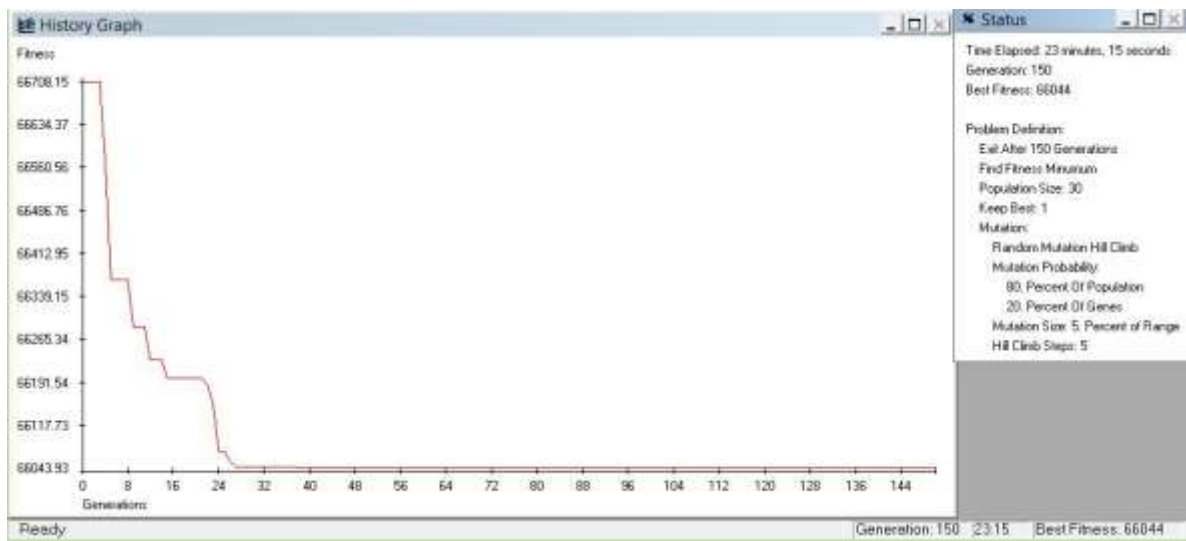
- Percobaan mencari populasi terbaik



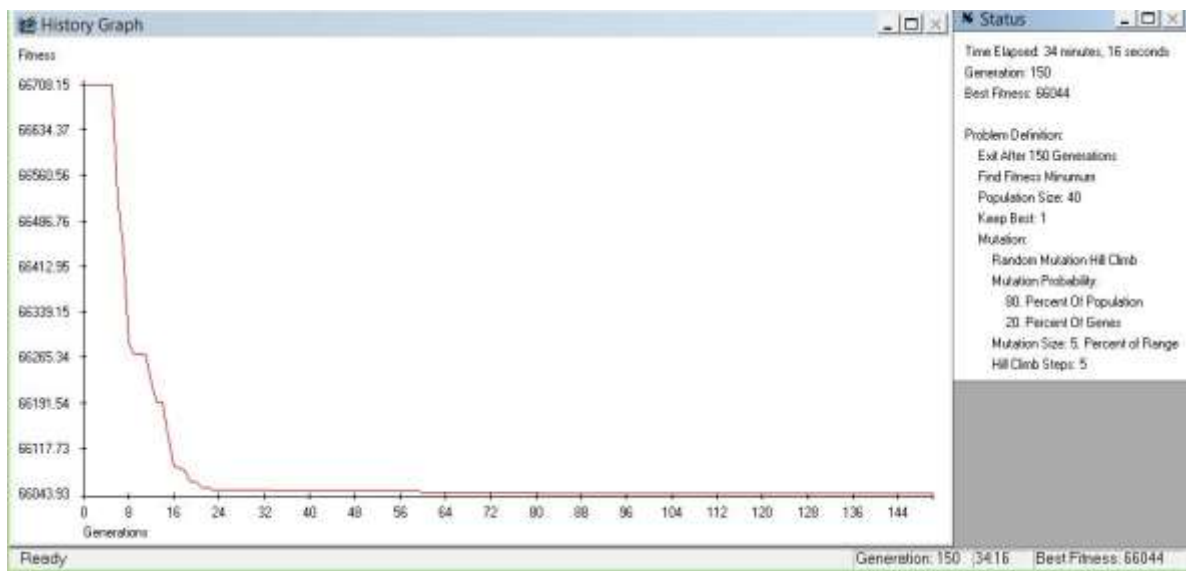
Lampiran Gambar 1 hasil percobaan dengan ukuran populasi 10



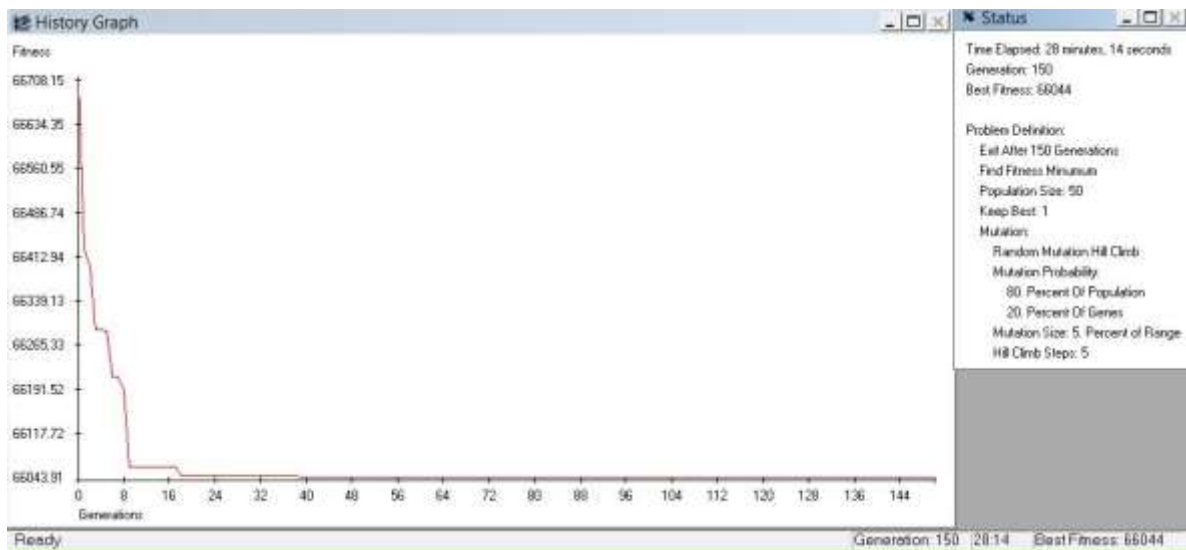
Lampiran Gambar 2 hasil percobaan dengan ukuran populasi 20



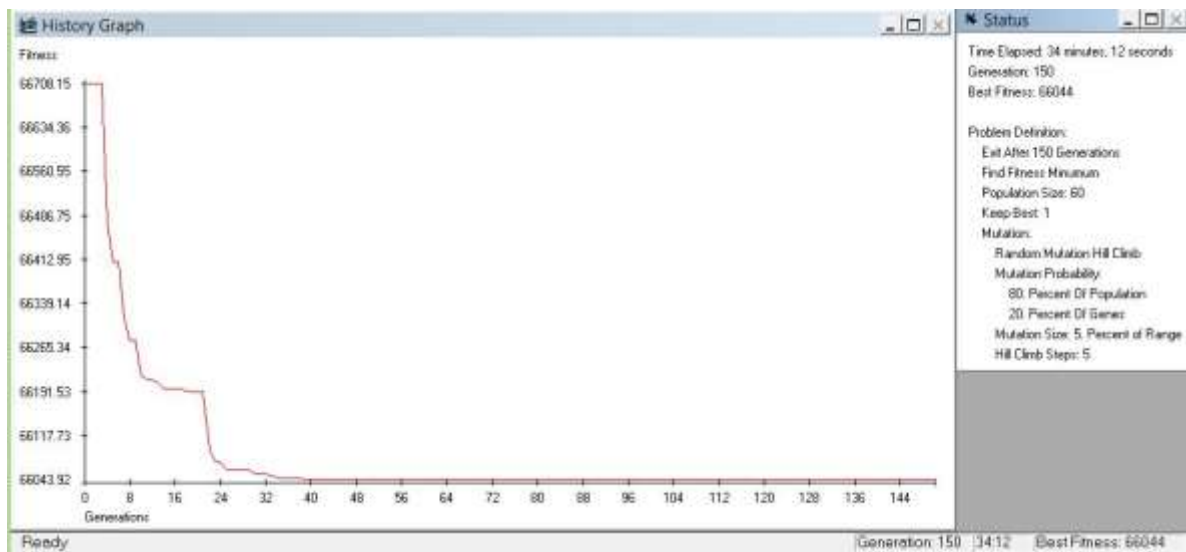
Lampiran Gambar 3 hasil percobaan dengan ukuran populasi 30



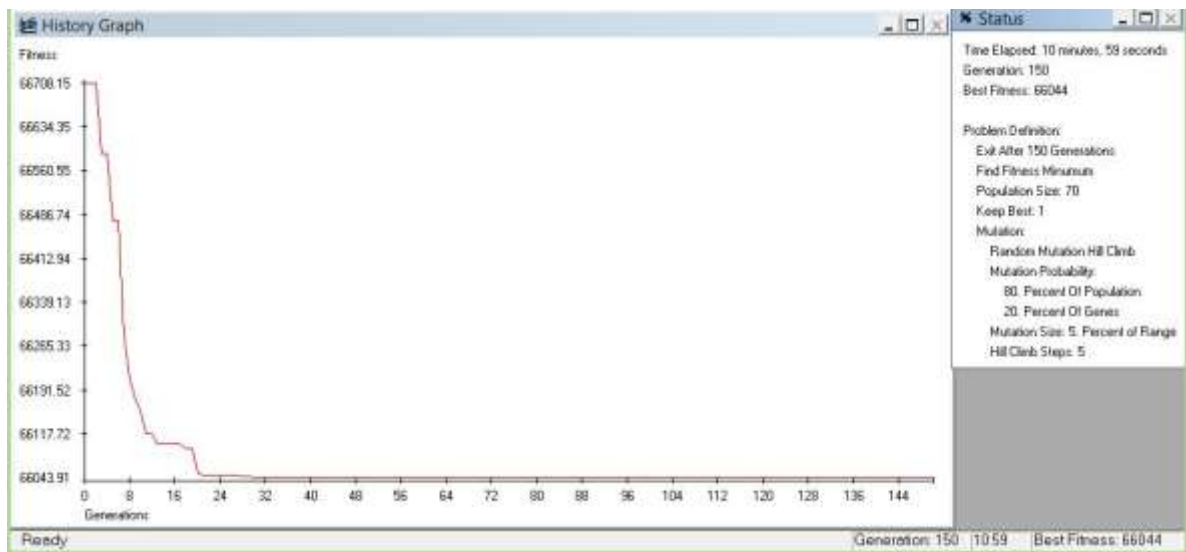
Lampiran Gambar 4 hasil percobaan dengan ukuran populasi 40



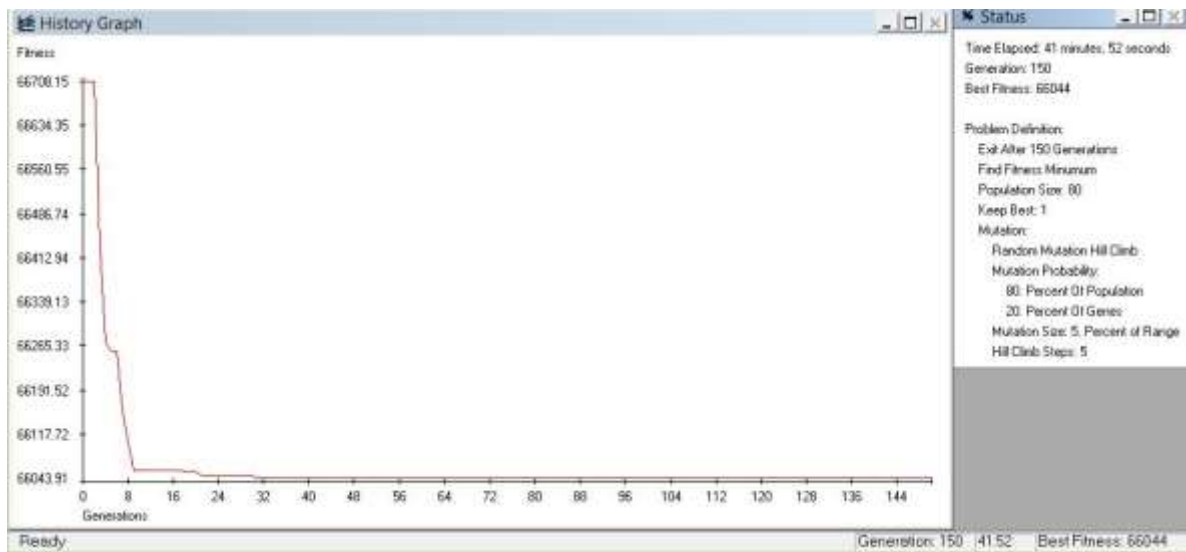
Lampiran Gambar 5 hasil percobaan dengan ukuran populasi 50



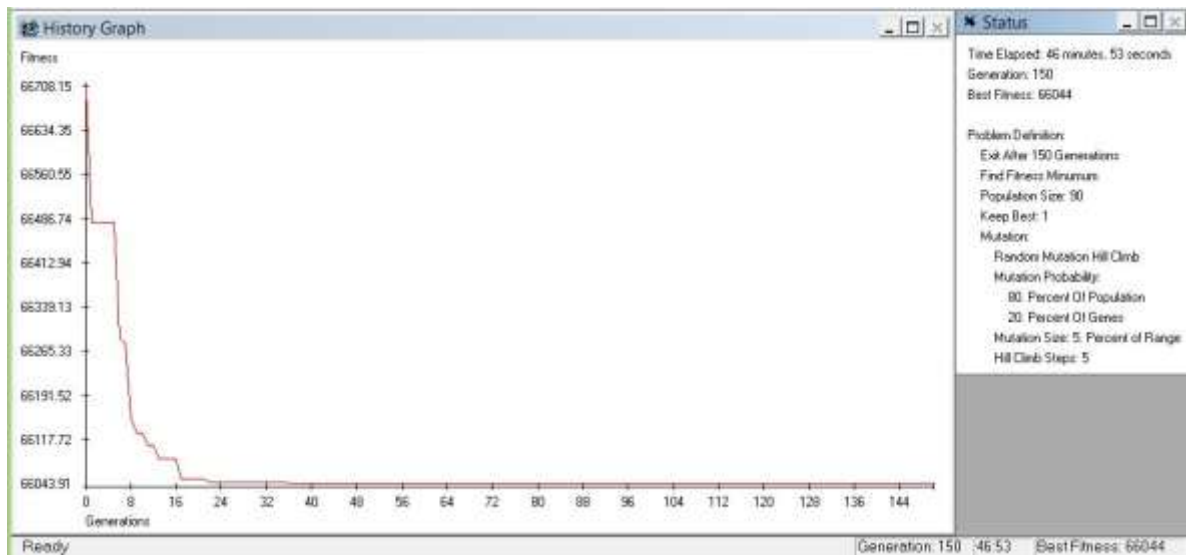
Lampiran Gambar 6 hasil percobaan dengan ukuran populasi 60



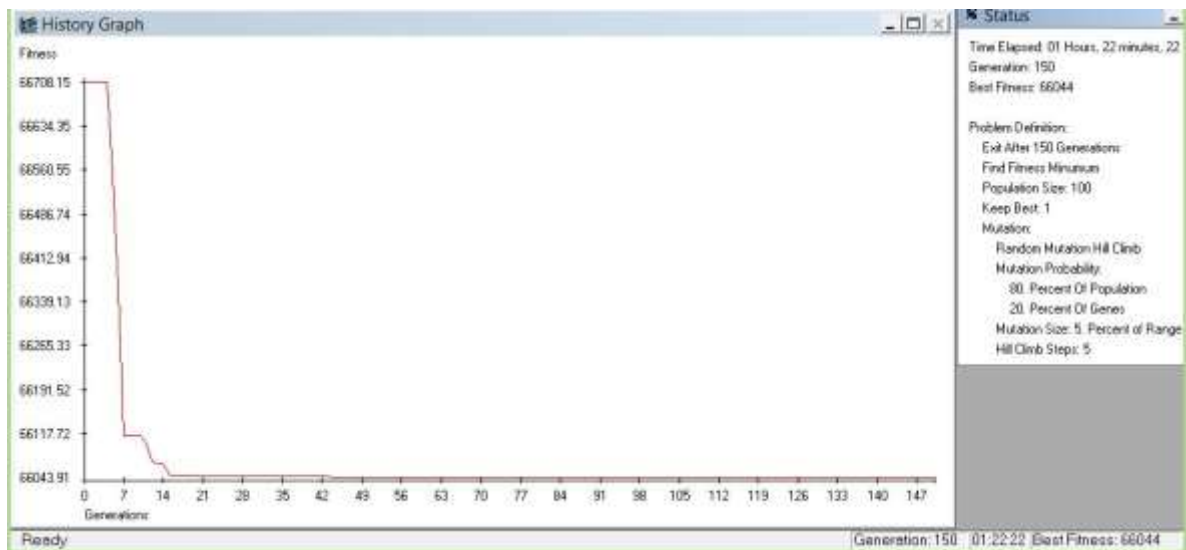
Lampiran Gambar 7 hasil percobaan dengan ukuran populasi 70



Lampiran Gambar 8 hasil percobaan dengan ukuran populasi 80

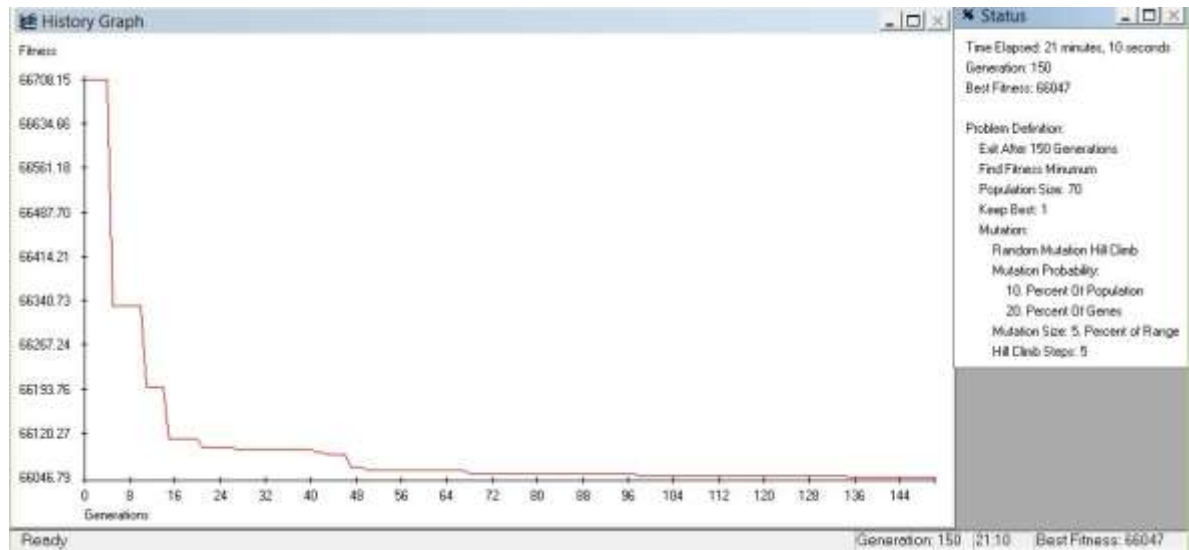


Lampiran Gambar 9 hasil percobaan dengan ukuran populasi 90

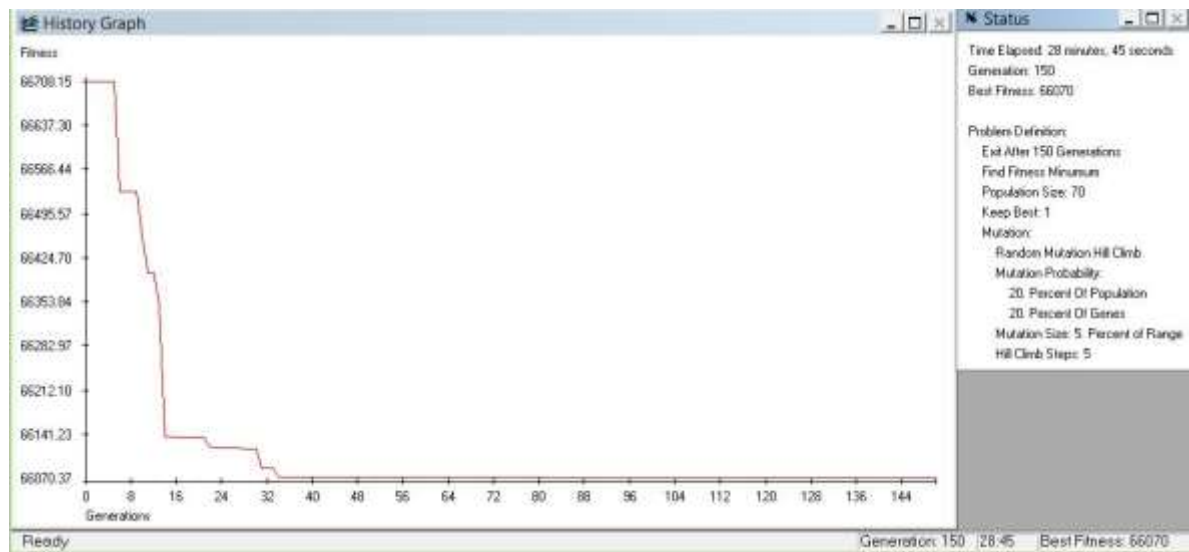


Lampiran Gambar 10 hasil percobaan dengan ukuran populasi 100

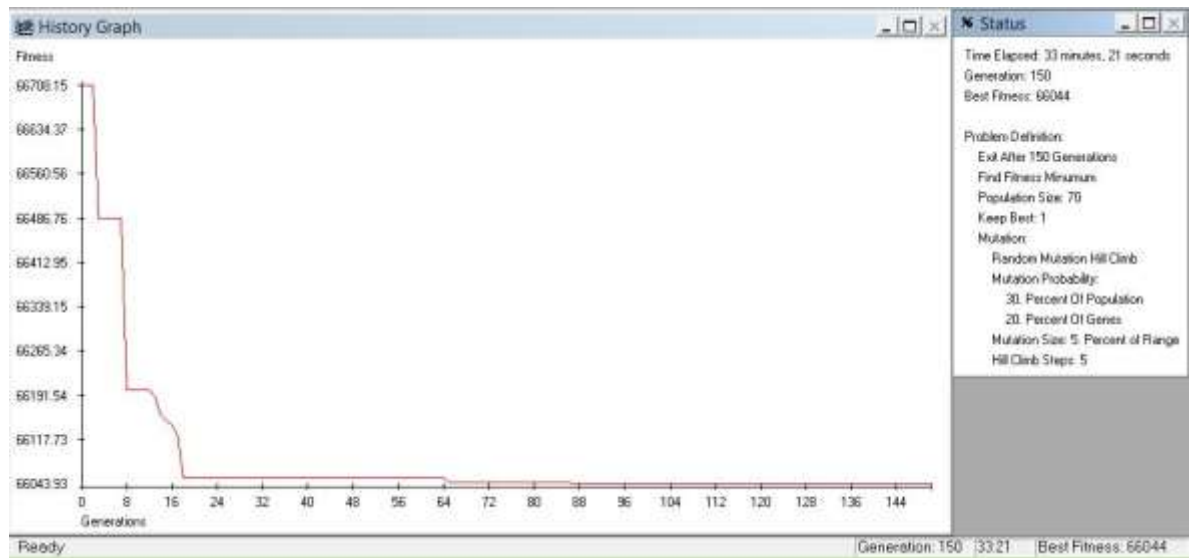
- Percobaan mencari persentase mutasi terhadap populasi terbaik



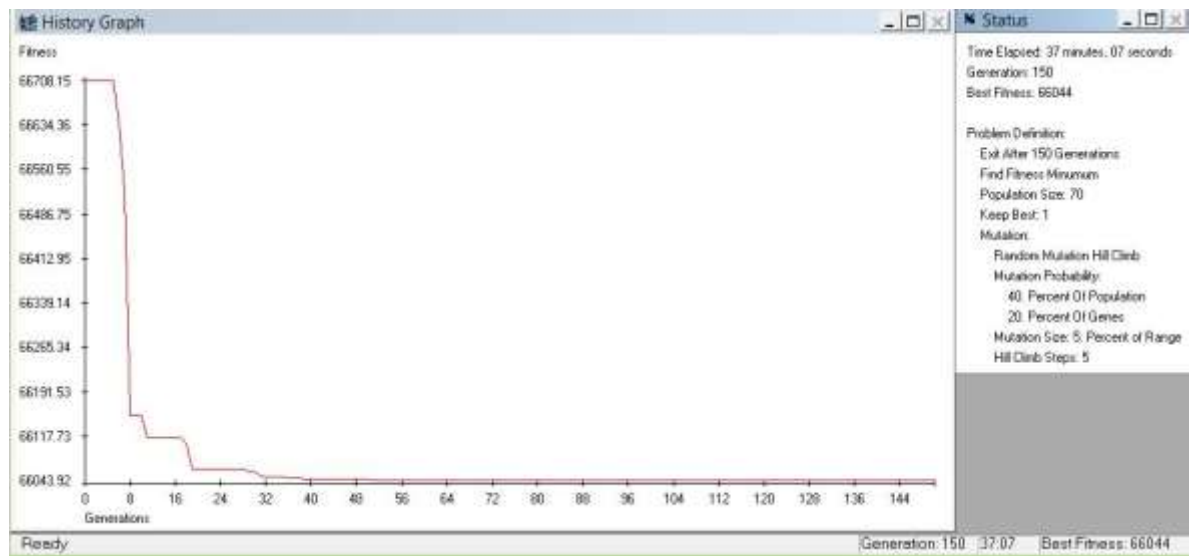
Lampiran Gambar 11 hasil percobaan 10% mutasi terhadap populasi



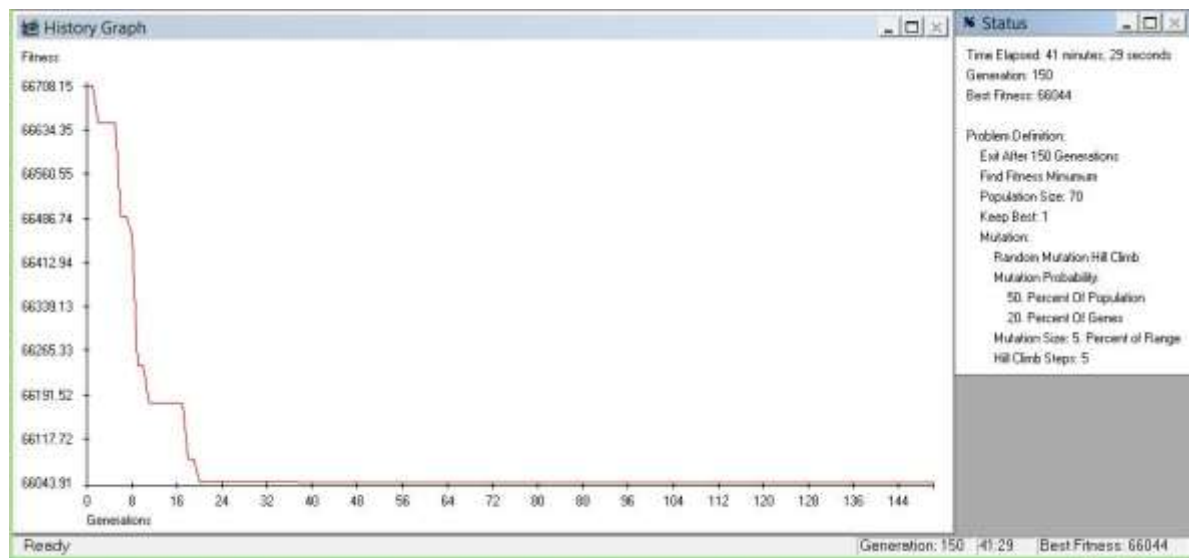
Lampiran Gambar 12 hasil percobaan 20% mutasi terhadap populasi



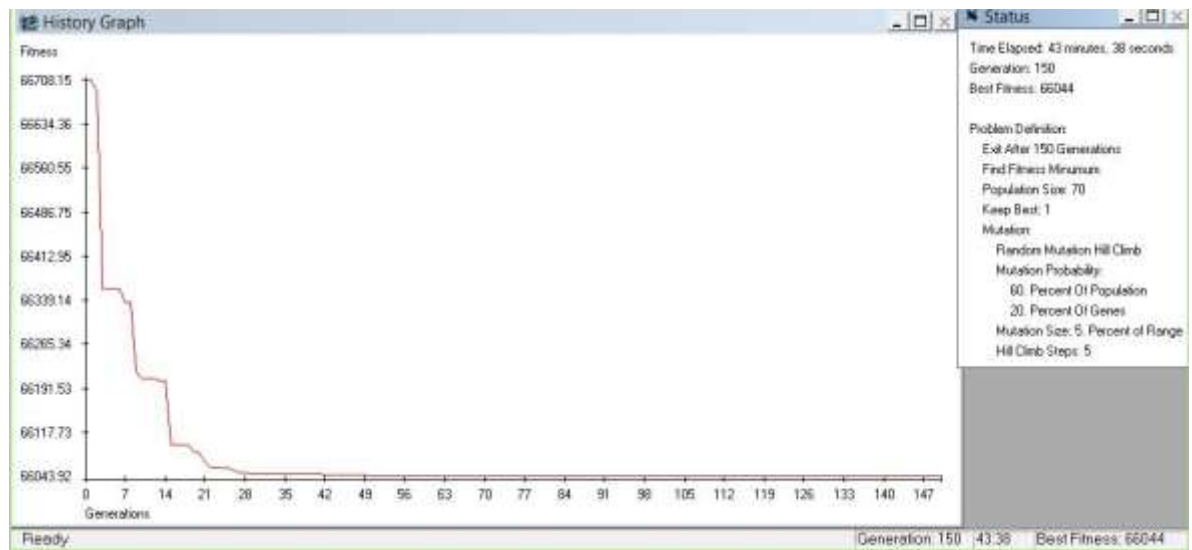
Lampiran Gambar 13 hasil percobaan 30% mutasi terhadap populasi



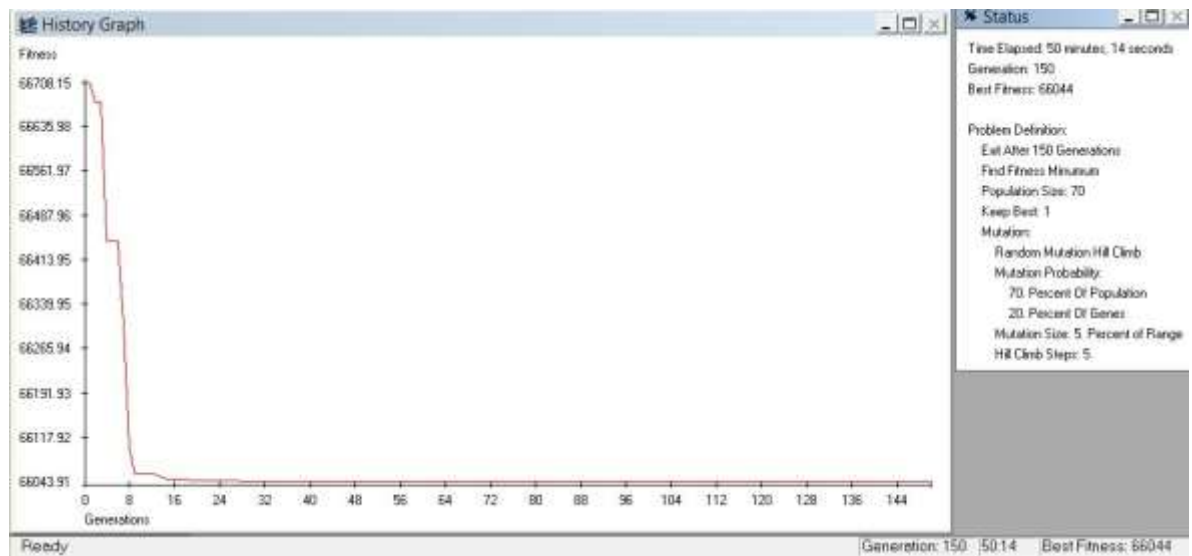
Lampiran Gambar 14 hasil percobaan 40% mutasi terhadap populasi



Lampiran Gambar 15 hasil percobaan 50% mutasi terhadap populasi

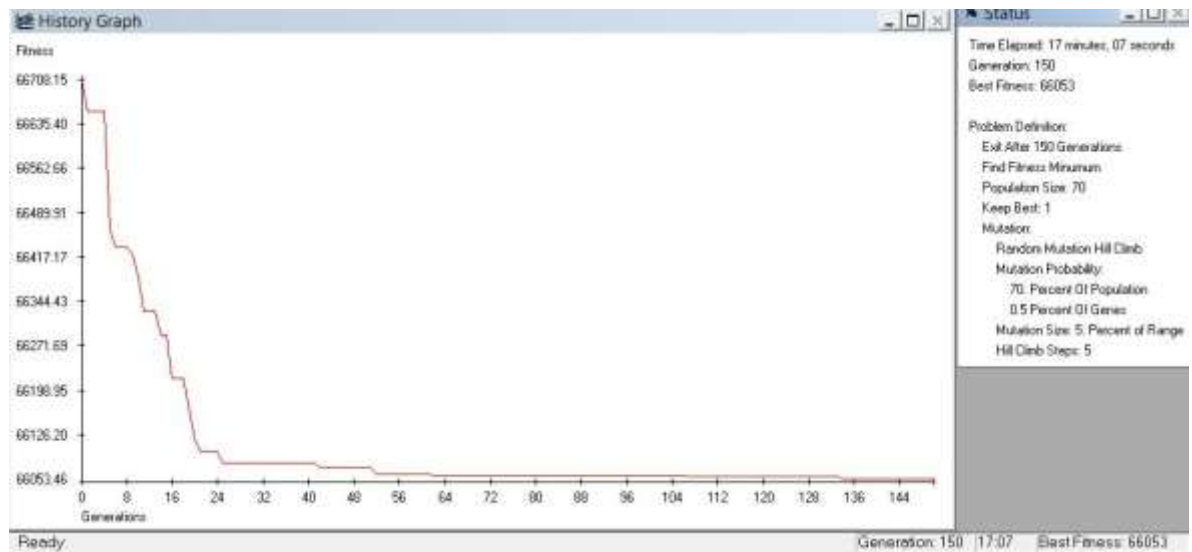


Lampiran Gambar 16 hasil percobaan 60% mutasi terhadap populasi

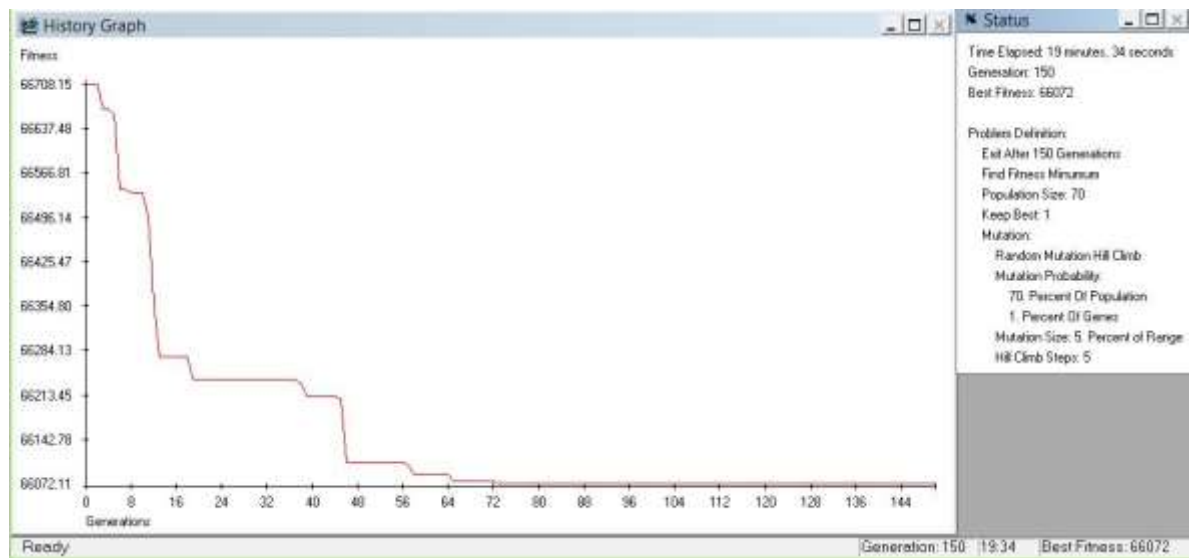


Lampiran Gambar 17 hasil percobaan 70% mutasi terhadap populasi

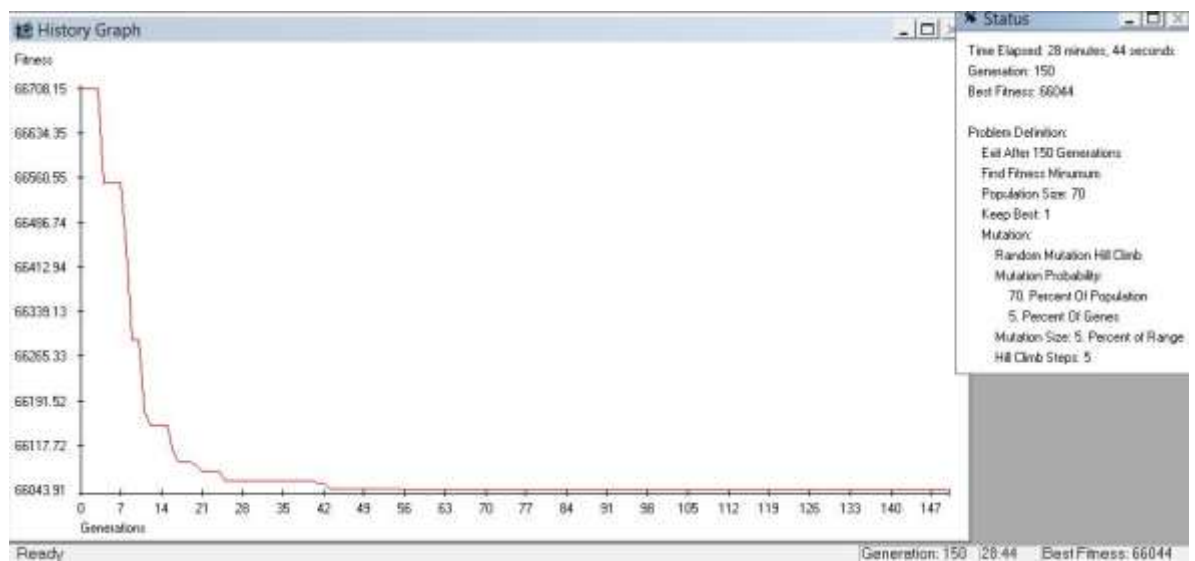
- Percobaan mencari persentase mutasi terhadap gen



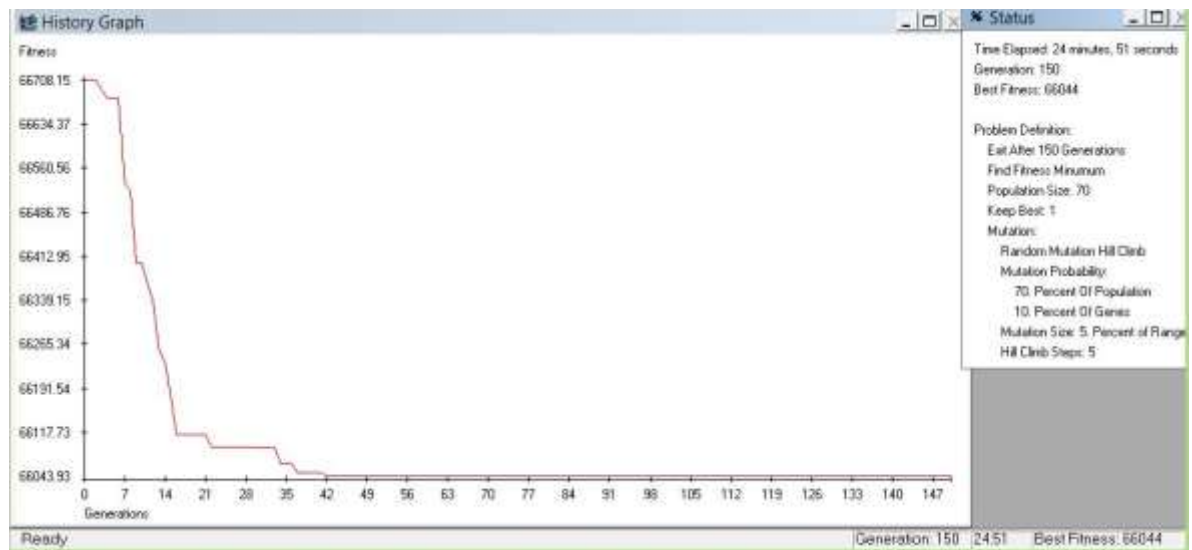
Lampiran Gambar 18 hasil percobaan 0,5% mutasi terhadap gen



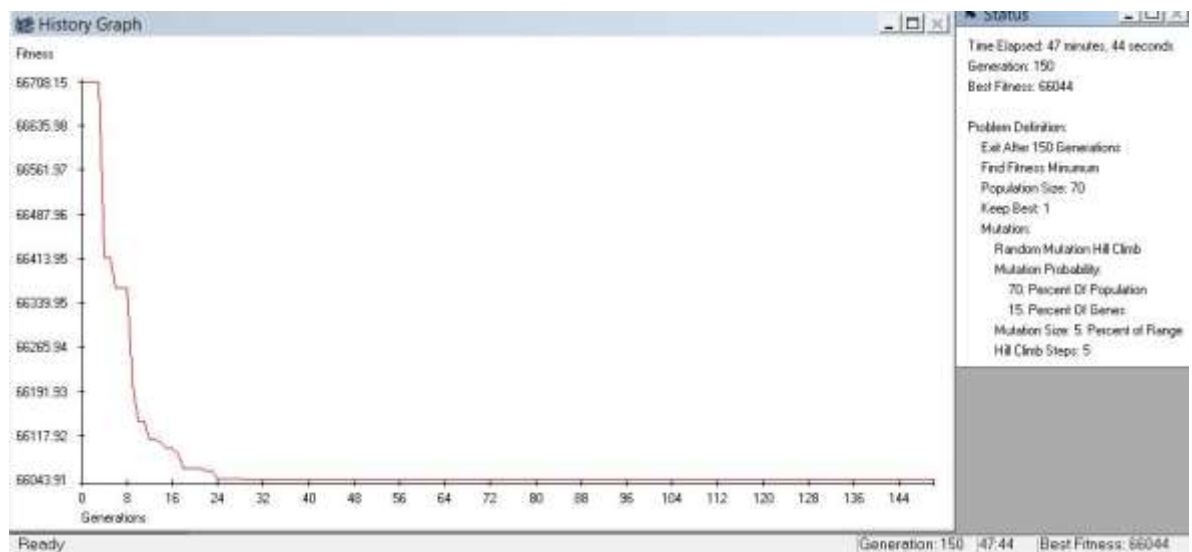
Lampiran Gambar 19 hasil percobaan 1% mutasi terhadap gen



Lampiran Gambar 20 hasil percobaan 5% mutasi terhadap gen



Lampiran Gambar 21 hasil percobaan 10% mutasi terhadap gen



Lampiran Gambar 22 hasil percobaan 15% mutasi terhadap gen