

**MODEL DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS
TERBUKA DAN IMPLEMENTASINYA**

SITTA ALIEF FARIHATI

UNIVERSITAS TERBUKA



**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis Model Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka dan Implementasinya adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Bogor, Februari 2009

Sitta Alief Farihati
NIM. G551060341

UNIVERSITAS TERBUKA

ABSTRACT

SITTA ALIEF FARIHATI. **Learning Material Distribution Model of Universitas Terbuka and Its Implementation.** Under direction of AMRIL AMAN, KUTHA ARDANA.

An important characteristic of Universitas Terbuka (UT) is the application of the open and distance learning. It was implemented by the establishment of regional offices in 37 cities throughout Indonesia and the centralized distribution of learning material. However, the centralized distributed learning material is not considered efficient. Therefore, the distribution of the learning material should be decentralized. The decentralized distribution system requires warehouses at certain regional offices. The warehouses become a temporary location for distributing the learning material. The aims of this research are (1) investigating the decentralized learning material distribution model, with warehouses as a hub between the headquarter of UT and the regional offices throughout Indonesia, (2) choosing the optimal location of warehouses to minimize the cost of learning material distribution, (3) choosing the regional offices which will be served optimally by each warehouse, (4) comparing efficiency of the centralized and decentralized learning material distribution system.

There are four stages of this research, which are (1) problem description and formulation, (2) modeling, (3) model solution and (4) model implementation. During the modeling stage, the distribution problem is modeled as a *linear mixed integer programming* problem. The model will be solved using *Branch and Bound* method by means of *Lingo 8.0 software*. The model implementation is conducted by simulating the model with earth geographical coordinate data, data of yearly elementary school teacher training learning material need prediction and data of 2008 subcontracted delivery cost.

This study considers centralized learning material distribution system and two alternative of decentralized learning material distribution systems, which are alternative 1 and alternative 2. Each system is subsequently modeled as model I, model II and model III. The simulation results show that the alternative 1 put the warehouses in Palembang, Jakarta, Bogor, Surakarta and Majene. While the alternative 2 put the warehouses in Pekanbaru, Jakarta, Malang, Majene and Ternate. Besides, it is found that in 2008 the cost of the alternative 2 is lower than the centralized learning distribution system. In addition, if the demand of learning material is increasing, the alternative 2 is still less costly than the other systems.

Keyword : model, centralized learning material distribution, decentralized learning material distribution, warehouses

RINGKASAN

SITTA ALIEF FARIHATI. **Model Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka dan Implementasinya.** Dibimbing oleh AMRIL AMAN, KUTHA ARDANA.

Universitas Terbuka (UT) merupakan perguruan tinggi negeri yang menerapkan Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh (PTJJ) di Indonesia. Penerapan PTJJ pada sistem pendidikan UT menyebabkan sistem UT berbeda dengan sistem institusi pendidikan tatap muka. Salah satu perbedaan sistem tersebut adalah adanya Unit Program Belajar Jarak Jauh (UPBJJ)-UT yang tersebar di 37 kota di seluruh Indonesia dengan Kantor Pusat UT berada di Pondok Cabe, Tangerang, Banten. Salah satu tugas UPBJJ-UT adalah mendistribusikan bahan ajar UT ke mahasiswa. Persediaan bahan ajar UT di UPBJJ-UT terkait dengan sistem distribusi bahan ajar UT. Sampai saat ini UT melaksanakan sistem distribusi bahan ajar terpusat. Distribusi bahan ajar secara terpusat tersebut tidak efisien. Dalam penelitian ini, akan dikaji sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat yang menempatkan gudang di UPBJJ-UT tertentu sebagai lokasi penyimpanan dan penyuplai bahan ajar. Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah masalah lokasi fasilitas berkapasitas (*capacitated facility location problem*) yang digabungkan dengan masalah penentuan kendaraan (*vehicle decision problem*).

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menentukan model distribusi bahan ajar tidak terpusat yang menempatkan gudang antara Kantor Pusat UT dengan UPBJJ-UT di seluruh Indonesia, (2) menentukan lokasi gudang antara Kantor Pusat UT ke UPBJJ-UT di seluruh Indonesia yang meminimalkan biaya distribusi bahan ajar, (3) menentukan UPBJJ-UT yang disuplai oleh setiap gudang dan (4) membandingkan efisiensi antara sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat dengan sistem distribusi bahan ajar terpusat.

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu (1) pendeskripsian dan formulasi masalah, (2) pemodelan, (3) solusi model dan (4) implementasi model. Pada tahap pemodelan, masalah distribusi dimodelkan sebagai masalah *linear mixed integer programming*. Model tersebut kemudian diselesaikan dengan menggunakan metode *Branch and Bound* dengan bantuan *software Lingo 8.0*. Implementasi model dilakukan dengan cara menyimulasikan model dengan menggunakan data koordinat geografi bumi, data perkiraan permintaan bahan ajar Pendidikan Dasar UT per tahun dan data biaya pengiriman berdasarkan subkontrak tahun 2008.

Pada tahap pendeskripsian, diberikan tiga sistem distribusi bahan ajar, yaitu sistem distribusi bahan ajar terpusat (yang saat ini dilaksanakan oleh UT), sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 dan alternatif 2 (yang diusulkan dalam penelitian ini). Sistem distribusi bahan ajar terpusat menempatkan percetakan dan gudang terpusat di Kantor Pusat UT. Dalam sistem ini pengiriman dilakukan langsung dari Kantor Pusat UT ke UPBJJ-UT. Sedangkan, sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 menempatkan percetakan terpusat di Kantor Pusat UT dengan gudang terpilih berada di UPBJJ-UT tertentu yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan dan penyuplai bahan ajar ke UPBJJ-UT terdekat. Gudang-gudang tersebut akan menempati lokasi yang sama dengan UPBJJ-UT terpilih. Pada sistem ini, percetakan bahan ajar terpusat di Kantor

Pusat UT sehingga di Kantor Pusat UT terdapat gudang utama yang akan memasok gudang terpilih. Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 menempatkan percetakan tidak terpusat di Kantor Pusat UT, sehingga ditempatkan percetakan dan gudang di UPBJJ-UT tertentu yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan dan penyuplai bahan ajar ke UPBJJ-UT terdekat. Percetakan dan gudang akan menempati lokasi yang sama dengan UPBJJ-UT terpilih.

Sistem distribusi bahan ajar terpusat dimodelkan sebagai model I, sedangkan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 dan alternatif 2 dimodelkan sebagai model II dan model III. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 menempatkan gudang terpilih di Palembang, Jakarta, Bogor, Surakarta dan Majene, sedangkan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 menempatkan gudang terpilih di Pekanbaru, Jakarta, Malang, Majene dan Ternate.

Analisis hasil simulasi ketiga sistem dilihat berdasarkan total biaya operasional untuk satu kali pengiriman, keseluruhan permintaan bahan ajar tahun 2008 dan kelipatannya. Satu kali pengiriman adalah jumlah minimal permintaan bahan ajar dalam satu tahun. Total biaya operasional meliputi biaya distribusi, biaya percetakan dan biaya penggudangan di gudang utama. Biaya distribusi meliputi biaya pengiriman, biaya penggudangan di gudang terpilih dan biaya penalti.

Berdasarkan total biaya operasional untuk satu kali pengiriman diperoleh bahwa sistem distribusi bahan ajar terpusat paling murah dibandingkan kedua sistem distribusi yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa jika jumlah permintaan seluruh UPBJJ-UT merupakan jumlah minimal pengiriman dalam satu tahun maka sistem distribusi bahan ajar terpusat masih menguntungkan bagi UT. Berdasarkan total biaya operasional untuk keseluruhan permintaan bahan ajar tahun 2008 dan kelipatannya diperoleh bahwa total biaya operasional sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 paling besar dibandingkan kedua sistem distribusi yang lain. Sedangkan total biaya operasional sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 paling murah dibandingkan kedua sistem distribusi yang lain. Komponen biaya dalam total biaya operasional yang menyebabkan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 paling mahal adalah biaya pengiriman dan biaya penggudangan. Adapun penyebab total biaya operasional sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 paling murah adalah biaya pengiriman dan biaya penggudangan.

Berdasarkan analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2, yaitu sistem yang menempatkan percetakan dan gudang di UPBJJ-UT terpilih untuk melayani UPBJJ-UT terdekat, merupakan sistem yang total biaya operasionalnya lebih murah dibandingkan dengan sistem distribusi bahan ajar terpusat. Meskipun permintaan bahan ajar semakin lebih banyak daripada permintaan tahun 2008, sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 tetap lebih murah dibandingkan kedua sistem distribusi yang lain.

Kata kunci : model, distribusi bahan ajar terpusat, distribusi bahan ajar tidak terpusat, gudang

@ Hak Cipta milik IPB, tahun 2009

Hak cipta dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumber
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis dalam bentuk apapun tanpa izin IPB

UNIVERSITAS TERBUKA

**MODEL DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS
TERBUKA DAN IMPLEMENTASINYA**

SITTA ALIEF FARIHATI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Magister Sains pada
Departemen Matematika

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2009**

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Dr. Toni Bakhtiar, M.Sc

UNIVERSITAS TERBUKA

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tesis : Model Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka dan Implementasinya
Nama : Sitta Alief Farihati
NIM : G551060341

Disetujui

Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Amril Aman, M.Sc
Ketua

Ir. N.K. Kutha Ardana, M.Sc
Anggota

Diketahui

Ketua Program Studi
Matematika Terapan

Dekan Sekolah Pascasarjana IPB

Dr. Ir. Endar H. Nugrahani, M.Sc

Prof. Dr. Ir. Khairil Anwar Notodiputro, MS

Tanggal Ujian: 27 Januari 2009

Tanggal Lulus : Februari 2009

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2008 ini adalah masalah lokasi fasilitas berkapasitas (*capacitated facility location problem*) yang dikombinasikan dengan masalah penentuan kendaraan (*vehicle decision problem*).

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Amril Aman, M.Sc dan Bapak Ir. N.K Kutha Ardana, M.Sc selaku pembimbing, serta Bapak Dr. Toni Bakhtiar, M.Sc selaku penguji dalam sidang tesis penulis. Selain itu, penulis ucapkan terima kasih pula kepada :

1. Semua dosen dan staf Departemen Matematika IPB atas segala ilmu dan bantuannya
2. Pejabat dan staf di lingkungan UT yang telah membantu selama pengumpulan data dan penulisan tesis
3. Keluargaku, Ayah dan Fariz, atas doa, dukungan dan kasih sayangnya
4. Keluarga Yogya, atas doa dan dukungannya
5. Teman-teman di PascaSarjana IPB.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini
Semoga tesis ini bermanfaat.

Bogor, Februari 2009

Sitta Alief Farihati

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Yogyakarta pada tanggal 26 Desember 1978 dari ayah Moh. Margono Poespo Soewarno dan ibu Suci Prihatiningsih. Penulis merupakan anak ke enam dari sembilan bersaudara.

Pada tahun 1997 penulis lulus seleksi masuk Universitas Negeri Yogyakarta dan diterima di Program Studi Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, dan menyelesaikan pendidikan strata satu pada tahun 2002.

Pada akhir tahun 2002 penulis lulus seleksi Pegawai Negeri Sipil di Universitas Terbuka sebagai staf akademik Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, hingga pada tahun 2006 penulis diberikan kesempatan tugas belajar di Sekolah Pascasarjana Program Studi Matematika Terapan dengan beasiswa dari Universitas Terbuka.

UNIVERSITAS TERBUKA

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Objek Kajian	4
2.1.1 Universitas Terbuka	4
2.1.2 Pengelolaan Bahan Ajar	5
2.1.3 Distribusi Fisik	5
2.2 Masalah Lokasi Fasilitas (<i>Facility Location Problems</i>)	6
2.3 Review Riset yang Relevan	8
2.4 Landasan Teori	9
2.4.1 <i>Linear Programming</i>	9
2.4.2 <i>Mixed Integer Programming</i>	12
2.4.3 <i>Nonlinear Programming</i>	13
2.4.4 Metode <i>Penalty</i>	16
2.4.5 Metode <i>Branch and Bound</i>	17
III. ALUR PENELITIAN	22
3.1 Pendeskripsian dan Formulasi Masalah	22
3.2 Pemodelan	22
3.3 Solusi Model	22
3.4 Implementasi Model	23
IV. PEMODELAN	24
4.1 Deskripsi Masalah	24
4.1.1 Sistem Distribusi Bahan Ajar Terpusat	24
4.1.2 Sistem Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat	25
4.2 Formulasi Masalah	28
4.3 Model	29
V. PEMBAHASAN	38
5.1 Data Simulasi	38
5.2 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka	41
5.2.1 Verifikasi Model	42
5.2.2 Analisis Hasil Verifikasi Model	42
5.2.3 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Terpusat	47
5.2.4 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat Alternatif 1	48

5.2.5 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat Alternatif 2	52
5.2.6 Analisis Masalah Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka Berdasarkan Hasil Simulasi	55
5.2.7 Analisis Masalah Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka Berdasarkan Total Biaya Operasional	57
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran ..	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

UNIVERSITAS TERBUKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Koordinat dan perkiraan permintaan bahan ajar dalam 1 tahun pada Kantor Pusat UT dan UPBJJ-UT	38
Tabel 2 Jenis kendaraan pengangkut bahan ajar	39
Tabel 3 Konstanta pengali (γ_k) pada setiap jenis kendaraan	40
Tabel 4 Konstanta pengali (γ_k) pada kendaraan jenis <i>trucking</i> untuk jumlah pengiriman bahan ajar sebesar 8000 kilogram	40
Tabel 5 Hasil simulasi model I	43
Tabel 6 Hasil simulasi model II*	45
Tabel 7 Hasil simulasi model II* dengan biaya penggudangan gudang utama	45
Tabel 8 Hasil simulasi model III	46
Tabel 9 Hasil simulasi model I* untuk kapasitas gudang utama 40 000 Kilogram	48
Tabel 10 Hasil simulasi model II	49
Tabel 11 Hasil rinci simulasi model II untuk kapasitas gudang 8000 kilogram	50
Tabel 12 Hasil simulasi model III	52
Tabel 13 Hasil rinci simulasi model III untuk kapasitas gudang 8000 kilogram	53
Tabel 14 Hasil keseluruhan simulasi ketiga model	55
Tabel 15 Perbandingan kenaikan permintaan konsumen terhadap total biaya operasional pada ketiga model	57

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 Peta lokasi 37 UPBJJ-UT di Indonesia	4
Gambar 2 Ilustrasi grafik fungsi <i>convex</i>	13
Gambar 3 Ilustrasi grafik fungsi <i>concave</i>	14
Gambar 4 Daerah fisibel <i>IP</i>	18
Gambar 5 LP_1 dan LP_2 dalam grafik	19
Gambar 6 Pencabangan yang dilakukan metode <i>Branch and Bound</i> untuk menemukan solusi <i>IP</i>	21
Gambar 7 Sistem distribusi bahan ajar terpusat	24
Gambar 8 Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat (alternatif 1)	26
Gambar 9 Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat (alternatif 2)	27
Gambar 10 Lokasi gudang terpilih dan UPBJJ-UT yang dilayaninya pada sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1	51
Gambar 11 Lokasi gudang terpilih dan UPBJJ-UT yang dilayaninya pada sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2	55
Gambar 12 Grafik perbandingan biaya penggudangan ketiga model	58
Gambar 13 Grafik perbandingan biaya pengiriman ketiga model	58
Gambar 14 Grafik perbandingan biaya penalti ketiga model	58
Gambar 15 Grafik perbandingan biaya percetakan ketiga model	59
Gambar 16 Grafik perbandingan biaya distribusi ketiga model	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Program MATLAB untuk Gambar 2 dan Gambar 3	65
Lampiran 2 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan <i>linear programming</i> pada Contoh 2.2	66
Lampiran 3 Tabel koordinat dan perkiraan permintaan bahan ajar UT dalam 1 tahun pada Kantor Pusat UT dan UPBJJ-UT	71
Lampiran 4 Tabel data jarak dan biaya pengiriman bahan ajar	73
Lampiran 5 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model I	80
Lampiran 6 Output program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model I	81
Lampiran 7 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model I*	86
Lampiran 8 Output program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model I*	88
Lampiran 9 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model II*	89
Lampiran 10 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model II	92
Lampiran 11 Output program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model II dengan kapasitas gudang terpilih 8000 kilogram	94
Lampiran 12 Program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model III	101
Lampiran 13 Output program <i>Lingo</i> 8.0 untuk menyelesaikan model III dengan kapasitas gudang 8000 kilogram	103
Lampiran 14 Perhitungan total biaya operasional terhadap kenaikan permintaan konsumen pada model I, model II dan model III	110

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Universitas Terbuka (UT) merupakan perguruan tinggi negeri yang menerapkan Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh (PTJJ) di Indonesia. Salah satu sistem pendidikan dalam PTJJ adalah sistem pendidikan jarak jauh. Sistem pendidikan jarak jauh mempunyai karakteristik berupa (1) terpisahnya siswa dan gurunya secara fisik dan geografis, dan (2) penggunaan beragam media untuk mempersatukan pengajar dan siswa dalam suatu interaksi pembelajaran (Pannen dalam Belawati *et al.* 1999).

Penerapan PTJJ pada sistem pendidikan UT menyebabkan sistem UT berbeda dengan sistem institusi pendidikan tatap muka. Salah satu perbedaan sistem tersebut adalah adanya Unit Program Belajar Jarak Jauh (UPBJJ)-UT yang tersebar di 37 kota di seluruh Indonesia dengan Kantor Pusat UT berada di Pondok Cabe Tangerang, Banten. Salah satu tugas UPBJJ-UT adalah mendistribusikan bahan ajar UT ke mahasiswa. Bahan ajar UT merupakan bahan ajar utama mahasiswa UT. Suciati dan Huda dalam Belawati *et al.* (1999) menyatakan bahwa mahasiswa sangat dirugikan apabila bahan ajar yang dibutuhkan belum tersedia di UPBJJ-UT pada saat mahasiswa mendaftarkan diri.

Persediaan bahan ajar UT di UPBJJ-UT terkait dengan sistem distribusi bahan ajar UT. Sampai saat ini UT melaksanakan sistem distribusi bahan ajar terpusat. Sistem tersebut menempatkan Kantor Pusat UT sebagai pusat penerbitan dan pusat pendistribusian bahan ajar. Untuk penerbitan bahan ajar, UT melibatkan perusahaan percetakan subkontrak. Bahan ajar tercetak yang belum dikirim akan disimpan terlebih dahulu di gudang Kantor Pusat UT. Dalam hal pendistribusian bahan ajar, Kantor Pusat UT akan mengirim bahan ajar setelah adanya permintaan dari UPBJJ-UT dan pengiriman dilakukan oleh perusahaan pengiriman subkontrak langsung dari Kantor Pusat UT menuju UPBJJ-UT bersangkutan. Distribusi bahan ajar dengan cara tersebut mengakibatkan pengiriman bahan ajar sering dilakukan setiap hari kerja dalam kapasitas pengangkutan sedikit. Akibatnya pelaksanaan distribusi secara terpusat tersebut tidak efisien.

Menurut Pratomoko (2002), sistem distribusi bahan ajar terpusat perlu diubah menjadi sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat. Dalam artikelnya, Pratomoko menyusun sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat dengan menempatkan percetakan pada UPBJJ-UT tertentu sebagai penyuplai bahan ajar ke UPBJJ-UT terdekat. Dalam penelitian ini, akan dikaji sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat yang berbeda dengan sistem yang disusun oleh Pratomoko. Sistem yang dimaksud adalah sistem yang menempatkan gudang di UPBJJ-UT tertentu sebagai lokasi penyimpanan sementara dan penyuplai bahan ajar.

Seperti yang dinyatakan oleh Eldredge (1982), solusi umum dari masalah sistem distribusi harus dapat menjawab pertanyaan yang meliputi (1) lokasi pabrik dan gudang, (2) kapasitas, (3) cara transportasi dan rute transportasi yang digunakan, dan (4) frekuensi dan jumlah pengiriman. Oleh sebab itu penempatan gudang merupakan salah satu upaya untuk mengefisienkan pelaksanaan distribusi.

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah masalah lokasi fasilitas berkapasitas (*capacitated facility location problem*) yang dikombinasikan dengan masalah penentuan kendaraan (*vehicle decision problem*). Masalah ini akan diselesaikan dengan menyusun suatu model matematika yang merepresentasikan keadaan distribusi bahan ajar UT. Model tersebut kemudian akan diselesaikan secara matematis dengan bantuan pemrograman komputer.

1.2 Tujuan

1. Menentukan model distribusi bahan ajar tidak terpusat yang menempatkan gudang antara Kantor Pusat UT dengan UPBJJ-UT di seluruh Indonesia.
2. Menentukan lokasi gudang antara Kantor Pusat UT ke UPBJJ-UT di seluruh Indonesia yang meminimalkan biaya distribusi bahan ajar
3. Menentukan UPBJJ-UT yang disuplai oleh setiap gudang
4. Membandingkan efisiensi antara sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat dengan sistem distribusi bahan ajar terpusat.

1.3 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk UT sebagai bahan rekomendasi kebijakan distribusi bahan ajar selanjutnya.

UNIVERSITAS TERBUKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Objek Kajian

2.1.1 Universitas Terbuka

Universitas Terbuka (UT) yang diresmikan oleh Presiden RI pada tanggal 4 September 1984 sebagai universitas negeri yang ke-45 dengan Keputusan Presiden Nomor 41 Tahun 1984, merupakan perguruan tinggi negeri di Indonesia yang sepenuhnya menerapkan Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh (PTJJ) (Tim ISO-UT 2007). Sebagai konsekuensi dari sistem PTJJ ini, UT memiliki sistem organisasi yang berbeda dengan institusi pendidikan tinggi tatap muka. Perbedaan mendasar adalah dibentuknya Unit Program Belajar Jarak Jauh (UPBJJ)-UT yang tersebar di 37 kota di seluruh Indonesia. UPBJJ-UT berfungsi untuk memudahkan mahasiswa berhubungan dengan UT dalam rangka registrasi, layanan bahan ajar & belajar, dan layanan ujian.



Gambar 1 Peta lokasi 37 UPBJJ-UT di Indonesia.

Perbedaan lainnya adalah dalam hal bahan ajar dan pengelolaan belajar. Sesuai karakteristik PTJJ, UT menggunakan media belajar berupa bahan ajar cetak (buku) dan bahan ajar noncetak (misalnya audio-visual, komputer) untuk menyampaikan pelajaran. Namun sampai saat ini, UT masih mengutamakan

penggunaan bahan ajar cetak. Bahan ajar noncetak, misalnya kaset audio, CD, video dan tutorial via internet juga dikembangkan meskipun intensitas penggunaannya belum tinggi. Bahan ajar noncetak ini hanya digunakan sebagai pelengkap, dan belum dikembangkan sebagai bagian yang terpadu dari satu mata kuliah (Andriani dalam Belawati *et al.* 1999)

2.1.2 Pengelolaan Bahan Ajar

Pengelolaan bahan ajar di Kantor Pusat UT meliputi kegiatan penyiapan master bahan ajar, produksi bahan ajar, dan pengiriman bahan ajar. Bahan ajar (BA) UT terdiri atas BA cetak dan BA noncetak. Seluruh mata kuliah UT dilengkapi dengan BA cetak yang merupakan BA utama (Tim Simintas-UT 2004). Secara struktural, pengelolaan BA UT meliputi :

1. Persiapan BA cetak menjadi master BA yang dilaksanakan oleh Pusat Pengembangan Bahan Ajar Cetak (PPBAC). Master BA tersebut kemudian dicetak di perusahaan percetakan subkontrak
2. Produksi BA noncetak yang dilaksanakan oleh Pusat Pengembangan Bahan Ajar Non Cetak (PPBANC)
3. Penyimpanan BA cetak dan BA noncetak (kaset audio, CD) di gudang Kantor Pusat UT sebelum dikirim ke UPBJJ-UT.
4. Pengiriman BA oleh perusahaan pengiriman subkontrak (Tim ISO-UT 2007)

2.1.3 Distribusi Fisik

Menurut Kotler *et al.* (2002), tujuan distribusi fisik adalah membawa barang yang tepat ke tempat yang tepat pada waktu yang tepat dengan biaya paling kecil. Biaya paling kecil berarti transportasi murah, persediaan rendah dan jumlah gudang sedikit.

Untuk mencapai tujuannya produsen produk dan jasa fisik harus memutuskan cara terbaik untuk menyimpan dan memindahkan barang dan jasanya ke pasar tujuan. Oleh sebab itu produsen perlu menyewa jasa dari perusahaan distribusi fisik (perusahaan pergudangan dan transportasi) untuk

membantu tugas tersebut. Produsen memahami bahwa efektivitas distribusi fisik akan berpengaruh besar terhadap kepuasan pelanggan dan biaya perusahaan.

Distribusi fisik dapat menjadi efektif jika sistem distribusi fisik sesuai dengan tujuan. Penentuan sistem distribusi fisik akan mengarah pada biaya berikut:

$$D = T + FW + VW + S \quad (1)$$

dengan

D = total biaya distribusi dari sistem yang diajukan

T = total biaya pengiriman dari sistem yang diajukan

FW = total biaya tetap pergudangan (*fixed warehouse*) dari sistem yang diajukan

VW = total biaya variabel pergudangan (*variable warehouse*) (termasuk persediaan) dari sistem yang diajukan

S = total biaya kerugian penjualan karena rata-rata keterlambatan pengiriman di bawah sistem yang diajukan.

(Kotler *et al.* 2002).

2.2 Masalah Lokasi Fasilitas (*Facility Location Problems*)

Masalah lokasi fasilitas merupakan masalah yang sangat kompleks dan masalah ini sangat terkait dengan masalah sistem distribusi fisik. Tujuan utama dari masalah lokasi fasilitas sama dengan masalah sistem distribusi fisik yaitu meminimalkan biaya distribusi. Beberapa contoh masalah lokasi fasilitas adalah :

Masalah 2.2.1 (Nemhauser 1999)

Tujuan masalah ini adalah menentukan lokasi fasilitas dan kemudian menempatkan konsumen yang dilayani oleh fasilitas tersebut sehingga meminimalkan total biayanya.

Diberikan $N = \{1, 2, \dots, n\}$ sebagai himpunan lokasi fasilitas yang potensial digunakan dan $I = \{1, 2, \dots, m\}$ sebagai himpunan konsumen. Fasilitas akan ditempatkan pada j dengan biaya c_j untuk $j \in N$. Total biaya yang memenuhi permintaan konsumen i dari fasilitas j adalah h_{ij} .

Diberikan variabel biner yaitu $x_j = 1$ jika fasilitas ditempatkan pada j dan $x_j = 0$ jika lainnya. Misalkan fasilitas ditempatkan pada j yang mempunyai

kapasitas u_j dan konsumen i mempunyai permintaan b_i . Jika y_{ij} merupakan jumlah barang yang dikirim dari fasilitas j ke konsumen i , maka kendala yang dihadapi adalah :

1. Setiap permintaan konsumen harus dipenuhi

$$\sum_{j \in N} y_{ij} = b_i \text{ untuk } i \in I \quad (2)$$

2. Konsumen i tidak dapat dilayani dari j kecuali fasilitas ditempatkan di j ,

$$\sum_{i \in I} y_{ij} - u_j x_j \leq 0 \text{ untuk } j \in N \quad (3)$$

dengan $x_j \in \{0,1\}^n$, $y_{ij} \in \mathbb{R}_+^{mn}$.

Masalah lokasi fasilitas berkapasitas (*capacitated facility location*) ini merupakan masalah *mixed integer programming*, dengan fungsi objektifnya adalah :

$$\text{Minimumkan } \sum_{j \in N} c_j x_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in N} h_{ij} y_{ij} \quad (4)$$

Masalah 2.2.2 : Masalah *Beer Belge* (Rardin 1998)

Tujuan *Beer Belge* adalah meminimalkan biaya distribusi bir di Belgia yang memenuhi kebutuhan 24000 konsumennya dari 17 depot yang dimilikinya. Agar tujuan tersebut terpenuhi, *Beer Belge* mengalokasikan konsumennya menjadi 650 daerah konsumen. Jadi masalah yang harus diselesaikan adalah menentukan lokasi depot dan menentukan banyaknya pengiriman yang diperlukan untuk daerah-daerah konsumen tersebut.

Didefinisikan :

i = indeks depot ($i = 1, 2, \dots, 17$)

j = indeks daerah konsumen ($j = 1, 2, \dots, 650$)

h_j = koordinat sumbu x pada pusat daerah konsumen j

k_j = koordinat sumbu y pada pusat daerah konsumen j

d_j = banyaknya pengiriman per tahun ke daerah konsumen j

x_i = koordinat sumbu x depot i

y_i = koordinat sumbu y depot i

w_{ij} = banyaknya pengiriman per tahun dari depot i ke daerah konsumen j

Diasumsikan bahwa biaya pengiriman dari depot i ke daerah konsumen j proporsional terhadap jarak (*euclidean*) depot i ke daerah konsumen j , sehingga model *Beer Belge* disusun sebagai berikut :

$$\text{Minimumkan } \sum_{i=1}^{17} \sum_{j=1}^{650} w_{ij} \sqrt{(x_i - h_j)^2 + (y_i - k_j)^2} \quad (5)$$

(total biaya pengiriman)

$$\text{terhadap } \sum_{i=1}^{17} w_{ij} = d_j, \quad j = 1, 2, \dots, 650 \text{ (banyaknya pengiriman)} \quad (6)$$

$$w_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, 17; \quad j = 1, 2, \dots, 650. \quad (7)$$

2.3 Review Riset yang Relevan

Gunnarson *et al.* (2006) meneliti tentang masalah distribusi di Sodra Cell AB, Scandivania. Masalah distribusi ini mengombinasikan masalah lokasi fasilitas dan *VRP (Vehicle Routing Problem)*. Tujuan akhir dari masalah ini adalah meminimalkan biaya distribusi dan memenuhi permintaan 300 konsumen, baik dalam maupun luar negeri (seluruh Eropa). Masalah lokasi fasilitas yang dihadapi adalah menentukan terminal yang akan digunakan, yaitu terminal pelabuhan atau terminal dalam pulau. Dalam hal *VRP*, disusun tiga rute berdasarkan karakteristik benua Eropa yaitu rute A, rute B dan *spot vessel*. Masalah ini dibentuk menjadi model *linear mixed integer programming (linear MIP)*, yang kemudian diselesaikan dengan metode *heuristic* dan disimulasikan dengan *solver CPLEX 7.0*.

Permasalahan nyata berkaitan dengan permintaan konsumen yang tidak pasti diteliti Aghezzaf (2005). Dalam penelitiannya, terlebih dahulu Aghezzaf mengembangkan model lokasi gudang dan perencanaan kapasitas gudang pada *supply chain* yang memiliki permintaan konsumen pasti. Formula yang digunakan berupa *linear MIP*. Model tersebut kemudian diperluas menjadi model lokasi gudang dan perencanaan kapasitas gudang pada *supply chain* yang memiliki permintaan konsumen tidak pasti. Metode yang digunakan untuk menentukan ketakpastian permintaan adalah konsep optimasi *robust* yang dikombinasikan dengan metode relaksasi *Langrange*.

Kedua masalah di atas merupakan masalah lokasi fasilitas yang menggunakan formula *linear MIP*. Dalam Lee (2007), masalah lokasi fasilitas merupakan salah satu aplikasi *linear MIP* dan *nonlinear MIP*. Lee meneliti tentang hasil simulasi model lokasi fasilitas tak berkapasitas (*uncapacitated facility location*) yang berupa *linear MIP* dan *nonlinear MIP*. Formula *linear MIP* dan *nonlinear MIP* dibandingkan dengan menggunakan *strong forcing constraint* dan *weak forcing constraint*. Kedua model tersebut kemudian disimulasikan menggunakan *solver BONMIN (Basic Open-source Nonlinear Mixed INteger programming)*.

2.4 Landasan Teori

Untuk membuat model dari masalah lokasi fasilitas diperlukan beberapa pemahaman teori seperti *Linear Programming (LP)*, *Mixed Integer Programming (MIP)*, *Nonlinear Programming (NLP)*, metode *Penalty* dan metode *Branch and Bound*. Berikut ulasan teori tersebut :

2.4.1 Linear Programming

Masalah *Linear Programming (LP)* adalah suatu masalah yang memaksimalkan (atau meminimalkan) suatu fungsi *linear* terhadap sejumlah terhingga kendala *linear* (Chvatal 1983). Model *LP* meliputi pengoptimuman suatu fungsi *linear* terhadap kendala *linear* (Nash & Sofer 1996).

Suatu *LP* mempunyai bentuk standar seperti yang didefinisikan sebagai berikut :

Definisi 2.1 (Bentuk standar suatu LP)

Suatu *LP* didefinisikan mempunyai bentuk standar :

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } z &= \mathbf{c}^T \mathbf{x} \\ \text{terhadap } \mathbf{Ax} &= \mathbf{b} \\ \mathbf{x} &\geq 0 \end{aligned} \tag{8}$$

dengan \mathbf{x} dan \mathbf{c} berupa vektor berukuran n , vektor \mathbf{b} berukuran m , sedangkan \mathbf{A} berupa matriks berukuran $m \times n$ yang disebut sebagai matriks kendala (Nash & Sofer 1996).

LP dalam bentuk standar di atas dapat diselesaikan dengan metode simpleks. Metode simpleks merupakan salah satu metode yang dapat menghasilkan solusi optimum. Metode ini mulai dikembangkan oleh Dantzig tahun 1947. Dalam perkembangannya, metode ini adalah metode yang paling umum digunakan untuk menyelesaikan LP , yaitu berupa metode iteratif untuk menyelesaikan masalah LP dalam bentuk standar (Nash & Sofer 1996).

Misalkan LP (8) akan diselesaikan dengan metode simpleks, maka asumsikan masalah LP (8) tidak *degenerate* (menurun) (Nash & Sofer 1996). Pada LP (8), vektor \mathbf{x} yang memenuhi kendala $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ disebut sebagai solusi fisibel dari LP (8). Misalkan matriks \mathbf{A} dapat dinyatakan sebagai $\mathbf{A} = (\mathbf{B} \ \mathbf{N})$, dengan \mathbf{B} adalah matriks yang elemennya berupa koefisien variabel basis dan \mathbf{N} merupakan matriks yang elemennya berupa koefisien variabel *nonbasis* pada matriks kendala (Nash & Sofer 1996).

Jika vektor \mathbf{x} dapat dinyatakan sebagai vektor $\mathbf{x} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_B \\ \mathbf{x}_N \end{pmatrix}$, dengan \mathbf{x}_B adalah vektor variabel basis dan \mathbf{x}_N adalah vektor variabel *nonbasis*, maka $\mathbf{Ax} = \mathbf{b}$ dapat dinyatakan sebagai

$$\begin{aligned} \mathbf{Ax} &= (\mathbf{B} \ \mathbf{N}) \begin{pmatrix} \mathbf{x}_B \\ \mathbf{x}_N \end{pmatrix} \\ &= \mathbf{B}\mathbf{x}_B + \mathbf{N}\mathbf{x}_N \\ &= \mathbf{b} \end{aligned} \quad (9)$$

Karena \mathbf{B} adalah matriks *nonsingular*, maka \mathbf{B} memiliki invers, sehingga dari (9) \mathbf{x}_B dapat dinyatakan sebagai

$$\mathbf{x}_B = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{b} - \mathbf{B}^{-1}\mathbf{N}\mathbf{x}_N \quad (10)$$

(Nash & Sofer 1996).

Definisi 2.2 (Solusi Basis)

Solusi dari suatu LP disebut solusi basis jika :

1. Solusi tersebut memenuhi kendala pada LP
2. Kolom-kolom dari matriks koefisien kendala yang berpadanan dengan komponen \mathbf{x} *nonzero* adalah bebas linier (Nash & Sofer 1996).

Definisi 2.3 (Solusi Basis Fisibel)

Vektor \mathbf{x} disebut **solusi basis fisibel** jika \mathbf{x} merupakan solusi basis dan $\mathbf{x} \geq 0$ (Nash & Sofer 1996).

Ilustrasi solusi basis dan solusi basis fisibel dapat dilihat dalam contoh berikut :

Contoh 2.1 :

Misalkan diberikan *LP* berikut :

$$\begin{aligned} \text{Minimumkan } z &= -x_1 - 2x_2 \\ \text{terhadap } -2x_1 + x_2 + x_3 &= 2 \\ &-x_1 + x_2 + x_4 = 3 \\ &x_1 + x_5 = 3 \\ &x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0 \end{aligned} \quad (11)$$

Dari *LP* tersebut didapatkan

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} -2 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Misalkan dipilih

$$\mathbf{x}_B = (x_3 \ x_4 \ x_5)^T \quad \text{dan} \quad \mathbf{x}_N = (x_1 \ x_2)^T$$

maka matriks basis

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Dengan menggunakan matriks basis tersebut, diperoleh

$$\mathbf{x}_B = \mathbf{B}^{-1}\mathbf{b} = (2 \ 3 \ 3)^T \quad \text{dan} \quad \mathbf{x}_N = (0 \ 0)^T. \quad (12)$$

Solusi (12) merupakan solusi basis, karena solusi tersebut memenuhi kendala pada *LP* (11) dan kolom-kolom pada matriks kendala yang berpadanan dengan komponen \mathbf{x} *nonzero* dari (12) yaitu \mathbf{B} adalah bebas linier. Solusi (12)

juga merupakan solusi basis fisibel, karena nilai-nilai variabelnya lebih dari atau sama dengan nol.

2.4.2 *Mixed Integer Programming*

Dalam Nemhauser (1999), *linear Mixed Integer Programming (MIP)* dinyatakan sebagai :

$$\text{Maksimumkan } \{ \mathbf{c}\mathbf{x} + \mathbf{h}\mathbf{y} : \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{G}\mathbf{y} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \in \mathbb{Z}_+^n, \mathbf{y} \in \mathbb{R}_+^p \} \quad (13)$$

dengan \mathbb{Z}_+^n adalah himpunan vektor bilangan bulat tak negatif berdimensi- n , \mathbb{R}_+^p adalah himpunan vektor bilangan real tak negatif berdimensi- p dan $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ dan $\mathbf{y} = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ adalah variabel. Diberikan data $(\mathbf{c}, \mathbf{h}, \mathbf{A}, \mathbf{G}, \mathbf{b})$ dengan \mathbf{c} vektor berdimensi n , \mathbf{h} vektor berdimensi p , \mathbf{A} matriks berukuran $m \times n$, \mathbf{G} matriks berukuran $m \times p$ dan \mathbf{b} vektor berdimensi m . Masalah ini dinyatakan *MIP* karena variabel \mathbf{x} berupa vektor bilangan bulat dan variabel \mathbf{y} berupa vektor bilangan real.

Masalah *linear integer programming* dinyatakan dengan :

$$\text{Maksimumkan } \{ \mathbf{c}\mathbf{x} : \mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b}, \mathbf{x} \in \mathbb{Z}_+^n \} \quad (14)$$

yaitu masalah *linear MIP* yang hanya mempunyai variabel \mathbf{x} berupa vektor bilangan bulat. Pada beberapa model, variabel bilangan bulat dinyatakan pada batasan nilai 0 dan 1, sehingga variabel dalam masalah *MIP* tersebut dinyatakan sebagai $\mathbf{x} \in B^n$, B^n adalah himpunan vektor biner berdimensi- n .

Masalah *linear programming (LP)* dinyatakan dengan :

$$\text{Maksimumkan } \{ \mathbf{h}\mathbf{y} : \mathbf{G}\mathbf{y} \leq \mathbf{b}, \mathbf{y} \in \mathbb{R}_+^p \} \quad (15)$$

yaitu masalah *linear MIP* yang hanya mempunyai variabel \mathbf{y} berupa vektor bilangan real.

Definisi 2.4 (*Linear Programming Relaksasi*)

Linear Programming relaksasi (LP-relaksasi) merupakan *LP* yang diperoleh dari suatu *integer programming (IP)* dengan menghilangkan kendala *integer* pada setiap variabelnya

(Hiller & Lieberman 1990).

2.4.3 Nonlinear Programming

Masalah *Nonlinear Programming* (*NLP*) adalah suatu masalah yang memaksimalkan (atau meminimalkan) suatu fungsi *nonlinear* terhadap sejumlah terhingga kendala *linear* atau *nonlinear*. Model *NLP* meliputi pengoptimunan suatu fungsi *nonlinear* terhadap kendala *linear* atau *nonlinear* (Nash & Sofer 1996).

Bentuk umum *NLP* adalah :

Minimumkan $f(\mathbf{x})$

terhadap $g_i(\mathbf{x}) = 0, \quad i \in \xi$

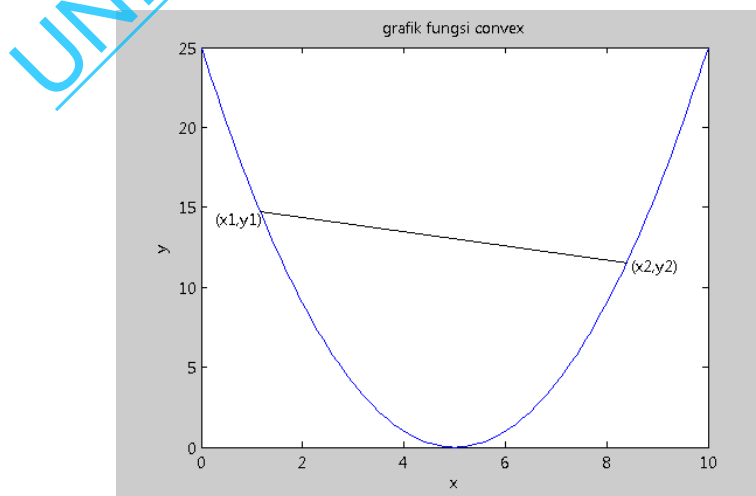
$$g_i(\mathbf{x}) \geq 0, \quad i \in \zeta \quad (16)$$

dengan ξ adalah himpunan indeks dari kendala berupa persamaan, dan ζ adalah himpunan indeks dari kendala berupa pertidaksamaan (Nash & Sofer 1996).

Fungsi *nonlinear* dikategorikan menjadi dua fungsi yaitu fungsi *convex* dan fungsi *concave*. Fungsi *linear* merupakan fungsi *convex* dan fungsi *concave*.

Fungsi *convex*

Fungsi f dinyatakan sebagai *convex* jika garis lurus dari dua titik yang berubah-ubah berada tepat pada grafik atau di atas grafik tersebut. Suatu fungsi disebut *strictly convex* jika garis lurus antara dua titik selalu di atas grafik.



Gambar 2 Ilustrasi grafik fungsi *convex*.

Definisi 2.5 (fungsi *convex* satu variabel)

Suatu fungsi f disebut *convex* jika dan hanya jika untuk setiap $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, dan untuk setiap λ , $0 \leq \lambda \leq 1$

$$f((1-\lambda)x_1 + \lambda x_2) \leq (1-\lambda)f(x_1) + \lambda f(x_2). \quad (17)$$

Menurut fungsi diferensial, definisi di atas ekuivalen dengan pernyataan

jika $f''(x) \geq 0$ untuk semua x maka f *convex*

(Daellenbach *et al.* 1983).

Definisi 2.6 (fungsi *convex* multivariabel)

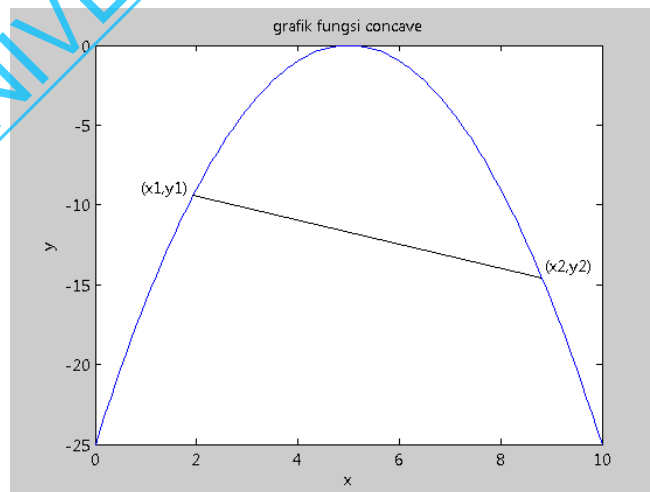
Menurut fungsi diferensial terhadap dua variabel x dan y , definisi di atas ekuivalen dengan pernyataan

$$f_{xx} \geq 0, f_{yy} \geq 0 \text{ dan } f_{xx}f_{yy} - (f_{xy})^2 \geq 0 \quad (18)$$

(Daellenbach *et al.* 1983).

Fungsi *concave*

Suatu fungsi f dinyatakan sebagai *concave* jika garis lurus dari setiap dua titik berada tepat pada grafik atau di bawah grafik tersebut.



Gambar 3 Ilustrasi grafik fungsi *concave*.

Definisi 2.7 (fungsi concave satu variabel)

Suatu fungsi f disebut *concave* jika dan hanya jika untuk setiap $\mathbf{x} = (x_1, x_2)$, dan untuk setiap λ , $0 \leq \lambda \leq 1$

$$f((1-\lambda)x_1 + \lambda x_2) \geq (1-\lambda)f(x_1) + \lambda f(x_2) \quad (19)$$

atau $-f$ adalah *convex*.

Menurut fungsi diferensial, definisi di atas ekuivalen dengan pernyataan

$$\text{jika } f''(x) \leq 0 \text{ untuk semua } x \text{ maka } f \text{ concave}$$

(Daellenbach *et al.* 1983).

Definisi 2.8 (fungsi concave multivariabel)

Untuk fungsi f terhadap dua variabel x dan y , maka menurut fungsi diferensial dinyatakan bahwa fungsi *concave* adalah

$$f_{xx} \leq 0, f_{yy} \leq 0 \text{ dan } f_{xx}f_{yy} - (f_{xy})^2 \geq 0 \quad (20)$$

(Daellenbach *et al.* 1983).

Secara umum, fungsi diferensial untuk lebih dari dua variabel dinyatakan dalam bentuk matriks Hessian ($n \times n$), yang bersifat *positif semidefinit* untuk fungsi *convex* dan *negatif semidefinit* untuk fungsi *concave*

(Daellenbach *et al.* 1983).

Definisi 2.9 (Global Optima) (Daellenbach *et al.* 1983)

	Fungsi convex	Fungsi concave
Global minimum	Pada satu titik stationer jika ada, jika tidak ada titik stationer maka pada salah satu titik ujung grafik	Pada salah satu titik ujung grafik
Global maksimum	Pada salah satu titik ujung grafik	Pada satu titik stationer jika ada, jika tidak ada titik stationer maka pada salah satu titik ujung grafik

2.4.4 Metode *Penalty*

Nonlinear Programming (NLP) berkendala dapat dikonversikan menjadi deret *NLP* tak berkendala dengan metode *Penalty*. Metode *Penalty* ini merupakan salah satu *Sequential Unconstrained Minimization/Maximization Technique (SUMT)* atau teknik meminimalkan/memaksimalkan deret tak berkendala.

Metode *Penalty* menghilangkan *NLP* berkendala dan mensubstitusikan bentuk baru untuk menghukum ketakfisibelan fungsi objektifnya dalam bentuk :

$$\text{Minimumkan } F(\mathbf{x}) = f(\mathbf{x}) + \mu \sum_i p_i(\mathbf{x}) \quad (21)$$

dengan μ adalah pengali *penalty* positif dan p_i merupakan fungsi yang memenuhi

$$p_i(\mathbf{x}) \begin{cases} = 0 & \text{jika } \mathbf{x} \text{ memenuhi kendala } i \\ > 0 & \text{selainnya} \end{cases}$$

(Rardin 1999).

Untuk nilai-nilai μ yang besar, solusi dari persamaan (21) adalah akan memiliki $\sum_i p_i(\mathbf{x})$ yang dekat nol, dengan kata lain untuk setiap nilai $\mu \rightarrow \infty$ maka $\sum_i p_i(\mathbf{x}) \rightarrow 0$ (Bronson 1997).

Jika metode *Penalty* digunakan untuk *NLP* berkendala, maka pengali μ seharusnya dimulai dengan nilai yang relatif kecil yang nilainya lebih besar dari 0 dan selalu meningkat dalam proses komputasinya (Rardin 1999).

Definisi 2.9

Jika nilai optimal \mathbf{x}^* pada masalah *penalty* tak berkendala juga bernilai fisibel dalam model berkendala, maka nilai \mathbf{x}^* optimal dalam *NLP* (Rardin 1999).

Jadi menurut definisinya, bentuk fungsi *penalty* pada persamaan (21) harus sama dengan 0 untuk setiap nilai \mathbf{x} yang fisibel dari *NLP* berkendala. Hal ini menunjukkan bahwa optimisasi masalah *penalty* tak berkendala meliputi solusi optimal untuk model aslinya.

2.4.5 Metode *Branch and Bound*

Metode *Branch and Bound* dikembangkan oleh A. Land dan G. Doig pada tahun 1960 untuk masalah *linear MIP* dan *linear Integer Programming (IP)* (Taha 2003). Metode ini sering dipakai dalam program komputer untuk aplikasi masalah riset operasi yang dibuat oleh perusahaan *software*. Keunggulan metode *Branch and Bound* terletak pada tingkat efektivitasnya dalam memecahkan masalah dengan hasil yang akurat (Taha 1992).

Prinsip dasar metode *Branch and Bound* adalah membagi daerah fisibel dari masalah *LP*-relaksasi dengan cara membuat *subproblem-subproblem* baru sehingga masalah *linear IP* terpecahkan. Daerah fisibel suatu *LP* adalah daerah yang memuat titik-titik yang dapat memenuhi kendala linear masalah *LP*.

Berikut adalah langkah-langkah dalam metode *Branch and Bound* untuk masalah maksimisasi (Taha 2003).

Langkah 0

Tentukan batas bawah awal pada nilai objektif *linear IP* optimum adalah $z = -\infty$. Misalkan $i = 0$.

Langkah 1 (Pengukuran/Pembatasan)

Pilih LP_i sebagai *subproblem* berikutnya untuk diselesaikan.

LP_i dikatakan terukur jika menggunakan salah satu dari ketiga kondisi berikut :

1. Nilai z optimal dari LP_i tidak dapat menghasilkan nilai objektif yang lebih baik daripada batas bawah yang diberikan
2. LP_i menghasilkan solusi *integer* fisibel yang lebih baik daripada batas bawah yang diberikan
3. LP_i tidak mempunyai solusi fisibel.

Selesaikan LP_i dan coba ukur bagian masalah itu dengan kondisi yang sesuai. Pada penyelesaian LP_i akan timbul kasus berikut :

- a. Jika LP_i terukur dan solusi yang lebih baik diperoleh maka perbarui batas bawah z . Jika semua *subproblem* telah terukur, hentikan. *Linear IP* optimum dihimpun dengan batas bawah yang diberikan, jika ada. Jika tidak, lakukan $i = i + 1$ dan ulangi langkah 1.

- b. Jika LP_i tidak terukur, lanjutkan ke langkah 2 untuk melakukan pencabangan LP_i .

Langkah 2 (Pencabangan)

Pilih salah satu variabel x_j , yang nilai optimum x_j^* dalam solusi LP_i tidak *integer*. Eliminasi bidang

$$\lceil x_j^* \rceil < x_j < \lfloor x_j^* \rfloor + 1$$

dengan membuat dua *subproblem LP* yang berkaitan dengan :

$$x_j < \lceil x_j^* \rceil \text{ dan } x_j > \lfloor x_j^* \rfloor + 1$$

Lakukan $i = i + 1$ dan lanjutkan ke langkah 1.

($\lceil x_j^* \rceil$) didefinisikan sebagai *integer* terbesar yang kurang dari atau sama dengan x_j^*).

Untuk memudahkan pemahaman metode *Branch and Bound* diberikan contoh sebagai berikut :

Contoh 2.2 : (Taha 2003)

Misalkan diberikan *linear IP* sebagai berikut :

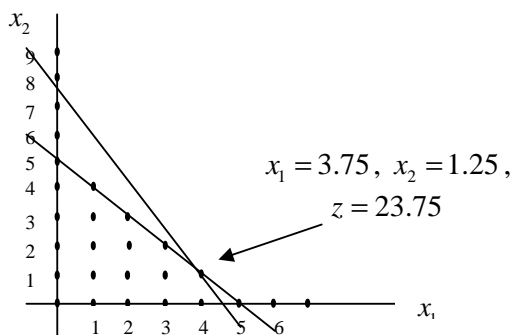
Maksimumkan $z = 5x_1 + 4x_2$

terhadap $x_1 + x_2 \leq 5$

$$10x_1 + 6x_2 \leq 45$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan integer} \quad (22)$$

Solusi *linear IP* di atas diperlihatkan oleh titik-titik pada gambar berikut.



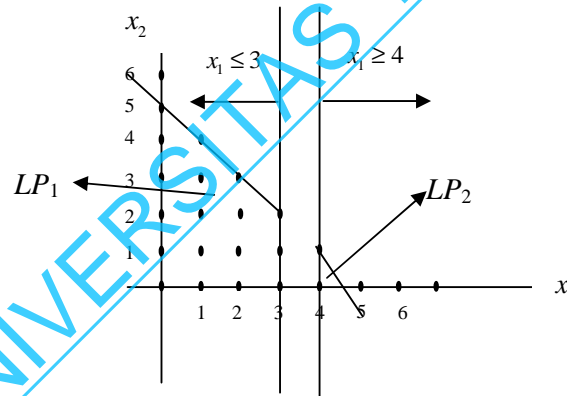
Gambar 4 Daerah fisibel *IP*.

Dari gambar di atas solusi optimum dari LP -relaksasi (LP_0) adalah $x_1 = 3.75$, $x_2 = 1.25$ dan $z = 23.75$.

Solusi optimum tersebut tidak memenuhi persyaratan *integer*. Berdasarkan algoritma *Branch and Bound* subproblem yang baru harus dibuat. Pilih variabel yang optimum secara sembarang yang tidak memenuhi persyaratan *integer*, misalnya $x_1 = 3.75$. Amati bahwa bidang ($3 < x_1 < 4$) bukan daerah fisibel bagi masalah *linear IP*. Oleh karena itu, eliminasi bidang tersebut dan ganti ruang LP_0 semula dengan dua ruang LP yaitu LP_1 dan LP_2 yang didefinisikan sebagai berikut:

1. Ruang $LP_1 = \text{ruang } LP_0 + (x_1 \leq 3)$
2. Ruang $LP_2 = \text{ruang } LP_0 + (x_1 \geq 4)$

Gambar berikut memperlihatkan ruang LP_1 dan LP_2 .



Gambar 5 LP_1 dan LP_2 dalam grafik.

Dari gambar di atas karena batasan baru $x_1 \leq 3$ dan $x_1 \geq 4$ tidak dapat dipenuhi secara bersamaan, maka LP_1 dan LP_2 harus ditangani sebagai dua LP yang berbeda. *Linear IP* optimum akan berada di LP_1 atau LP_2 .

Selesaikan masalah LP_1 dan LP_2 satu per satu. Misalkan LP_1 dipilih pertama kali untuk diselesaikan, yaitu :

$$\begin{aligned}
 &\text{Maksimumkan } z = 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{terhadap } \quad x_1 + x_2 \leq 5 \\
 &\quad \quad \quad 10x_1 + 6x_2 \leq 45 \\
 &\quad \quad \quad x_1 \leq 3 \\
 &\quad \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan } \textit{integer}
 \end{aligned} \tag{23}$$

Dengan menyelesaikan LP di atas maka akan dihasilkan solusi optimum yang baru yaitu :

$$x_1 = 3, x_2 = 2 \text{ dan } z = 23 \tag{24}$$

Karena LP_1 sudah terukur, tidak perlu dilakukan pencabangan di LP_1 . Persamaan (24) dijadikan kandidat solusi bagi masalah IP .

Sekarang akan dipecahkan LP_2 , yaitu :

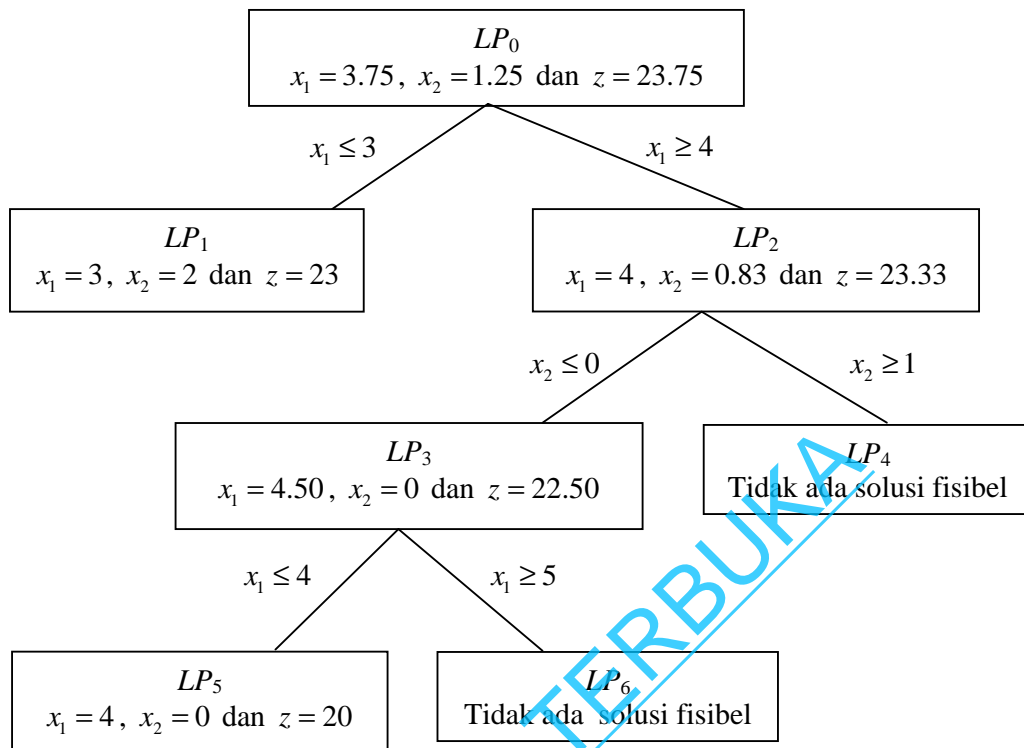
$$\begin{aligned}
 &\text{Maksimumkan } z = 5x_1 + 4x_2 \\
 &\text{terhadap } \quad x_1 + x_2 \leq 5 \\
 &\quad \quad \quad 10x_1 + 6x_2 \leq 45 \\
 &\quad \quad \quad x_1 \geq 4 \\
 &\quad \quad \quad x_1, x_2 \geq 0 \text{ dan } \textit{integer}
 \end{aligned} \tag{25}$$

Solusi dari (25) adalah sebagai berikut :

$$x_1 = 4, x_2 = 0.83 \text{ dan } z = 23.33 \tag{26}$$

Perhatikan (26), LP_2 tidak terukur akibatnya pencabangan harus dilakukan lagi. Karena x_1 bernilai *integer*, pilih x_2 untuk membuat pencabangan yang baru.

Gambar 6 adalah hasil pencabangan yang dilakukan dengan menggunakan metode *Branch and Bound*, penghitungan nilai-nilai variabel dilakukan dengan menggunakan *Lingo 8.0* dan dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 6 Pencabangan yang dilakukan metode *Branch and Bound* untuk menemukan solusi *IP*.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa solusi LP_1 dan LP_5 adalah kandidat solusi untuk (22). Namun karena nilai z untuk LP_1 lebih besar dari LP_5 maka solusi LP_1 adalah solusi untuk (22).

BAB III

ALUR PENELITIAN

Penelitian ini dibagi menjadi empat tahap, yaitu (1) pendeskripsian dan formulasi masalah, (2) pemodelan, (3) solusi model dan (4) implementasi model.

3.1 Pendeskripsian dan Formulasi Masalah

Tahap pertama dalam pemodelan adalah menentukan tujuan distribusi fisik (bahan ajar). Secara umum masalah distribusi adalah meminimalkan biaya distribusi. Biaya distribusi yang diminimalkan merupakan biaya penggudangan dan biaya transportasi yang terkait dengan jarak antar UPBJJ-UT dan jenis kendaraan yang digunakan. Karena belum diketahui biaya transportasinya maka masalah ini merupakan variabel keputusan yang akan ditentukan nilainya.

Masalah distribusi ini akan dibatasi oleh beberapa hal. Batasan tersebut terdiri dari beberapa batasan umum (*constraint*) yang mencakup setiap alternatif sistem distribusi masalah ini.

3.2 Pemodelan

Tahap ini adalah representasi formulasi masalah dalam bentuk model matematika. Model ini mendeskripsikan masalah menjadi suatu sistem persamaan atau pertidaksamaan dan ekspresi matematika lainnya. Masalah distribusi ini dapat dimodelkan sebagai model *linear MIP*.

3.3 Solusi Model

Model matematika yang sangat sederhana dapat diselesaikan secara manual. Namun model matematika yang sudah lebih kompleks dan mendeskripsikan keadaan nyata membutuhkan bantuan komputer. Komputer dapat digunakan untuk melakukan pemrograman dan perhitungan secara lebih cepat dan akurat. Pada masalah distribusi ini, solusi model diperoleh dengan menggunakan *software Lingo 8.0* dengan metode *Branch and Bound*. Solusi yang diperoleh merupakan solusi yang paling banyak mengakomodasi semua batasan dan memaksimalkan fungsi tujuan.

3.4 Implementasi Model

Implementasi model dilakukan dengan cara menyimulasikan model dengan data koordinat geografi bumi, data perkiraan permintaan bahan ajar UT per tahun dan data biaya pengiriman berdasarkan subkontrak tahun 2008. Data koordinat geografi bumi diperoleh dari *software Google Earth* 4.0. Data perkiraan permintaan dan biaya pengiriman diperoleh dari UT.

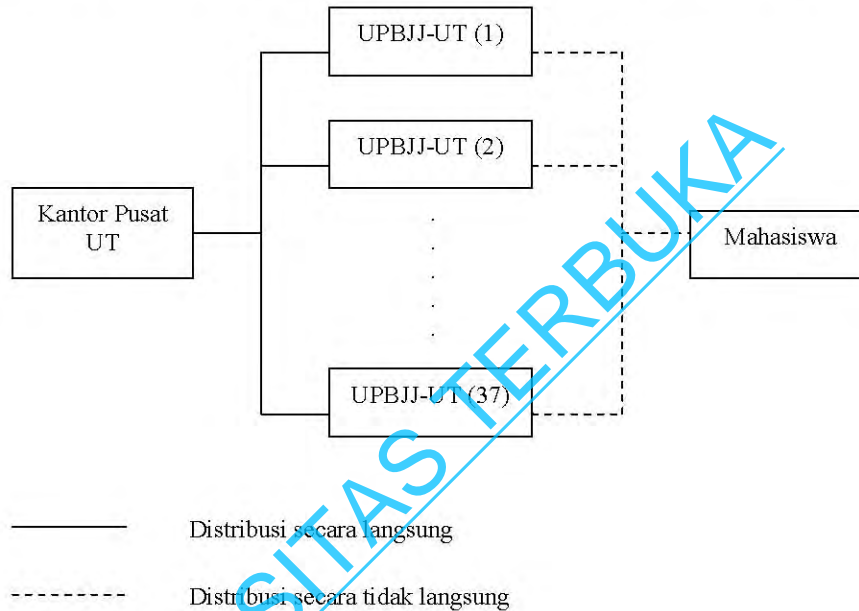
UNIVERSITAS TERBUKA

BAB IV PEMODELAN

4.1 Deskripsi Masalah

4.1.1 Sistem Distribusi Bahan Ajar Terpusat

Sistem distribusi bahan ajar yang saat ini dilaksanakan oleh UT adalah :



Gambar 7 Sistem distribusi bahan ajar terpusat.

Sistem distribusi bahan ajar terpusat di atas menempatkan Kantor Pusat UT sebagai pusat produksi dan pemasok utama bahan ajar ke UPBJJ-UT di seluruh Indonesia. UPBJJ-UT berfungsi sebagai agen distribusi yang menjual bahan ajar langsung ke mahasiswa atau ke Kelompok Belajar mahasiswa.

Kantor Pusat UT mengelola produksi bahan ajar meliputi kegiatan perencanaan, penulisan, penelaahan dan penyiapan master bahan ajar. Pada proses pencetakan bahan ajar, Kantor Pusat UT menggunakan jasa perusahaan subkontrak. Bahan ajar yang telah tercetak kemudian disimpan di gudang Kantor Pusat UT. Selama belum ada permintaan bahan ajar dari UPBJJ-UT maka bahan ajar disimpan di gudang. Penyimpanan bahan ajar tersebut membutuhkan biaya operasional penggudangan.

Apabila ada permintaan bahan ajar dari UPBJJ-UT dan bahan ajar tersebut tersedia di gudang, maka Kantor Pusat UT akan melakukan pengiriman. Pada pelaksanaan pengiriman, Kantor Pusat UT menggunakan transportasi darat, laut dan udara. Transportasi darat yang digunakan adalah (1) kendaraan dinas UT, jika UPBJJ-UT yang dilayani dapat dicapai dalam waktu 3 hari dengan kapasitas kendaraan ≤ 2000 kilogram, (2) jenis kendaraan dari perusahaan subkontrak yang berkapasitas ≤ 4000 kilogram dan (3) jenis *trucking* dari perusahaan subkontrak yang berkapasitas ≤ 8000 kilogram. Transportasi laut digunakan jika bahan ajar yang dikirim > 4000 kilogram, sedangkan transportasi udara digunakan jika permintaan UPBJJ-UT bersifat segera.

Sistem distribusi terpusat memberlakukan pengiriman satu arah, yaitu dari Kantor Pusat UT langsung ke UPBJJ-UT. Padahal UPBJJ-UT mengajukan permintaan (*delivery order*) apabila persediaan bahan ajar di UPBJJ-UT kecil/habis dan diprediksi kebutuhannya akan lebih dari persediaan. Biasanya UPBJJ-UT mengajukan permintaan ke Kantor Pusat UT minimal 4 kali dalam setahun karena dalam setahun terdapat 2 masa registrasi untuk Program Pendidikan Dasar dan 2 masa registrasi untuk Program Non Pendidikan Dasar. Pengiriman satu arah ini mengakibatkan pelaksanaan distribusi bahan ajar sering dilakukan setiap hari kerja. Oleh sebab itu, pelaksanaan sistem distribusi bahan ajar terpusat tidak efisien.

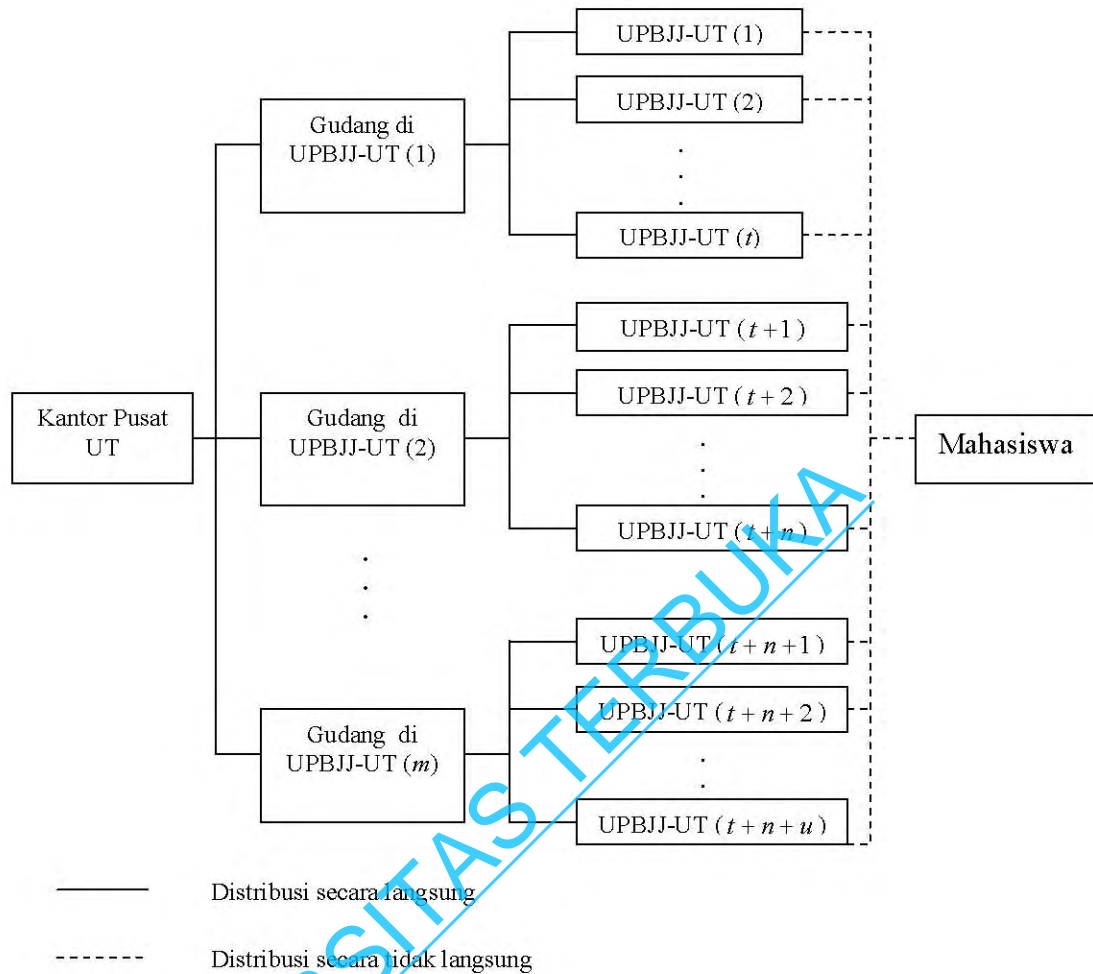
4.1.2 Sistem Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat

Dalam upaya mengefisienkan masalah distribusi di atas maka disusun alternatif solusi masalah tersebut. Solusi yang diberikan adalah sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat.

Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat yang diusulkan adalah :

1. Alternatif 1

Jika percetakan terpusat di Kantor Pusat UT, maka ditempatkan gudang-gudang yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan dan pemasok bahan ajar ke UPBJJ-UT terdekat. Gudang-gudang tersebut akan menempati lokasi yang sama dengan UPBJJ-UT yang terpilih.



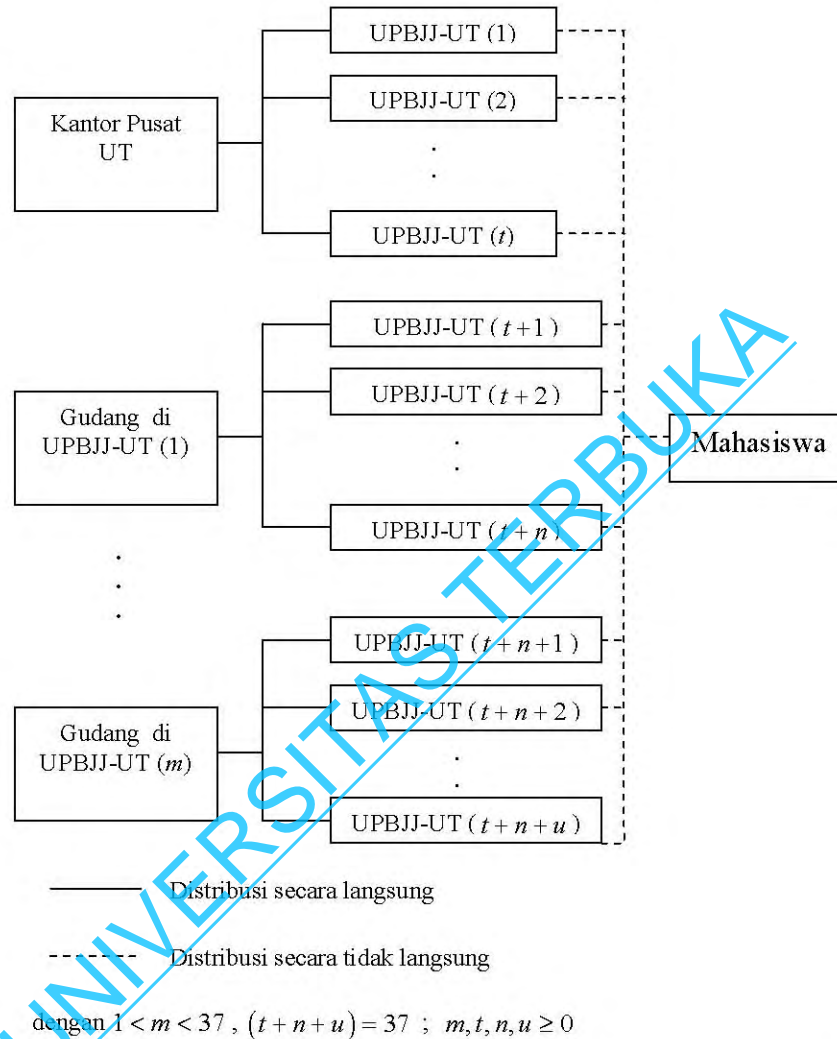
Gambar 8 Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat (alternatif 1).

Pada sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1, percetakan bahan ajar terpusat di Kantor Pusat UT sehingga di Kantor Pusat UT terdapat gudang utama yang akan memasok gudang-gudang di UPBJJ-UT terpilih. Gudang utama hanya akan memasok gudang di UPBJJ-UT terpilih dan jumlah gudang yang akan dipasok oleh gudang utama lebih dari satu.

2. Alternatif 2

Jika percetakan tidak terpusat di Kantor Pusat UT, maka ditempatkan percetakan dan gudang yang berfungsi sebagai lokasi penyimpanan dan

pemasok bahan ajar ke UPBJJ-UT terdekat. Percetakan dan gudang akan menempati lokasi yang sama dengan UPBJJ-UT yang terpilih.



Gambar 9 Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat (alternatif 2).

Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 menempatkan percetakan bahan ajar tidak saja di Kantor Pusat UT namun juga di UPBJJ-UT terpilih, sehingga gudang Kantor Pusat UT sama kedudukannya dengan gudang di UPBJJ-UT terpilih. Gudang di Kantor Pusat UT akan memasok UPBJJ-UT yang terdekat, begitu pula gudang di UPBJJ-UT terpilih akan memasok UPBJJ-UT terdekat.

Pada kedua alternatif sistem tersebut di atas, UPBJJ-UT yang ditempati sebagai gudang juga akan menerima pasokan bahan ajar dari gudang tersebut, sehingga biaya transportasi bahan ajarnya sama dengan nol. Setiap UPBJJ-UT hanya akan dipasok oleh satu gudang dan jumlah UPBJJ-UT yang dipasok oleh setiap gudang kemungkinan akan berbeda-beda. Jumlah seluruh UPBJJ-UT yang dipasok sama dengan 37, hal ini sesuai dengan jumlah seluruh UPBJJ-UT yang ada.

Bahan ajar akan dikirim melalui transportasi darat, laut dan udara dengan kriteria seperti pada sistem distribusi bahan ajar terpusat. Dalam hal ini setiap UPBJJ-UT diasumsikan dapat dicapai dengan ketiga macam transportasi tersebut. Selain itu, sistem ini tetap memberlakukan pengiriman bahan ajar setelah adanya permintaan dari UPBJJ-UT, sehingga dimungkinkan untuk melakukan pengiriman ke UPBJJ-UT lebih dari sekali. Penentuan penggunaan transportasi dipertimbangkan berdasarkan kapasitas kendaraan, hal ini disebabkan bahan ajar merupakan produk yang tahan lama sehingga tidak perlu dipertimbangkan lama waktu perjalanan (*time windows*).

Percetakan bahan ajar akan dilakukan oleh perusahaan subkontrak seperti pada sistem distribusi bahan ajar terpusat. Perusahaan subkontrak akan mencetak bahan ajar sesuai permintaan Kantor Pusat UT, kemudian akan mendistribusikan ke gudang untuk disimpan dan dikelola oleh Kantor Pusat UT (jika menggunakan alternatif 1) dan UPBJJ-UT yang ditempati oleh gudang tersebut (jika menggunakan alternatif 2).

Berdasarkan deskripsi masalah di atas dan mengacu review artikel di tinjauan pustaka, maka pada penelitian ini akan dikembangkan model penentuan lokasi gudang dan perencanaan kapasitas gudang pada *supply chain* yang memiliki permintaan konsumen pasti dan diintegrasikan dengan masalah penentuan jenis kendaraan.

4.2 Formulasi Masalah

Tujuan utama distribusi bahan ajar (distribusi fisik) adalah meminimalkan biaya distribusi. Dalam pemodelan, biaya percetakan dan biaya penggudangan di gudang utama diabaikan karena komponen biaya distribusi hanya meliputi biaya

pengiriman, biaya penggudangan dan biaya penalti, seperti yang dinyatakan oleh Kotler *et al.* (2002). Namun, saat membandingkan efisiensi antara sistem distribusi bahan ajar terpusat dengan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat, biaya percetakan dan biaya penggudangan di gudang utama diperhitungkan. Hal ini bertujuan untuk menghitung keseluruhan biaya operasional setiap sistem distribusi.

Untuk menyederhanakan masalah dan mempermudah pemodelan maka diberikan asumsi-asumsi berikut :

1. Setiap UPBJJ-UT dan gudang mempunyai permintaan
2. Jumlah permintaan setiap UPBJJ-UT dan gudang tetap
3. Jumlah permintaan setiap UPBJJ-UT, kapasitas setiap gudang dan kapasitas setiap jenis kendaraan pengangkut diketahui
4. Setiap kendaraan hanya melewati satu rute
5. Total biaya transportasi dari setiap jenis kendaraan diketahui, biaya tersebut termasuk biaya perjalanan kembali dari tujuan ke sumber
6. Biaya transportasi setiap jenis kendaraan meliputi biaya bongkar muat dan biaya penyewaan gudang
7. Biaya pembuatan gudang baru dan biaya operasional gudang baru dalam satu tahun diketahui
8. Biaya operasional gudang utama diabaikan
9. Biaya percetakan bahan ajar diabaikan.

4.3 Model

Setiap sistem distribusi bahan ajar akan disusun dalam suatu model yang terdiri dari batasan-batasan (*constraints*). Ketiga model menggunakan variabel dan parameter yang sama.

Didefinisikan :

I = himpunan gudang, indeks $i = 0, 1, 2, \dots, n$ dengan $n \leq 37$

dengan $i = 0$ adalah indeks gudang utama di Kantor Pusat UT.

J = himpunan konsumen (UPBJJ-UT) , indeks $j = 1, 2, \dots, 37$

K = himpunan kendaraan, indeks $k = 1, 2, \dots, k'$

Variabel dan parameter yang digunakan adalah :

a_{ij} = jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang i ke konsumen j , $a_{ij} \in \mathbb{R}^+$

q_j = jumlah permintaan bahan ajar per tahun setiap konsumen j , $q_j \in \mathbb{R}^+$

Cap = kapasitas gudang, $Cap \in \mathbb{R}^+$

Q_k = kapasitas kendaraan jenis k , $Q_k \in \mathbb{R}^+$

f = biaya penggudangan, $f \in \mathbb{R}^+$

λ = biaya penalti bahan ajar yang tidak dikirim (tersisa di gudang), $\lambda \in \mathbb{R}^+$,
 $\lambda > 0$

M = jumlah minimal bahan ajar yang dikirim per tahun, $M \in \mathbb{R}^+$

v_i = jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang i , $v_i \in \mathbb{R}^+$

c_{ij}^k = biaya transportasi dari gudang i ke konsumen j menggunakan kendaraan k ,
 $c_{ij}^k \in \mathbb{R}^+$

w_{ij} = frekuensi pengiriman per tahun dari gudang i ke konsumen j , $w_{ij} \in \mathbb{Z}^+$

γ_k = konstanta biaya untuk setiap kendaraan jenis k , $\gamma_k \in \mathbb{R}^+$

d_{ij} = jarak (pada permukaan bumi) antara gudang i dan konsumen j , jika titik koordinat gudang/konsumen pada sistem koordinat geografi adalah (α, β) ,
 α koordinat lintang dan β koordinat bujur, maka

$$d_{ij} = \cos^{-1} \left(\sin \beta_i \sin \beta_j + \cos \beta_i \cos \beta_j \cos |\alpha_i - \alpha_j| \right), d_{ij} \in \mathbb{R}^+$$

(Chang 2004).

Variabel keputusan yang digunakan untuk menentukan terpilih tidaknya UPBJJ-UT sebagai gudang adalah :

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{jika gudang ditempatkan di } i \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Selain itu diperlukan pula variabel keputusan untuk menentukan kendaraan yang digunakan sebagai alat transportasi pengiriman yaitu :

$$y_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{jika kendaraan jenis } k \text{ digunakan dari gudang } i \text{ ke konsumen } j \\ 0, & \text{selainnya} \end{cases}$$

Tujuan utama masalah distribusi ini adalah meminimalkan biaya distribusi.

Model I

Model ini merupakan model dari sistem distribusi bahan ajar terpusat yang saat ini dilaksanakan oleh UT. Oleh sebab itu, diasumsikan stok bahan ajar di gudang utama tersedia sebesar permintaan seluruh konsumen.

Fungsi objektifnya adalah :

$$\text{Minimumkan } \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k c_{0j}^k a_{0j}$$

Fungsi $\sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k c_{0j}^k a_{0j}$ menyatakan jumlah biaya pengiriman dari gudang utama ke konsumen.

Batasan yang digunakan adalah :

1. Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen

$$w_{0j} M \geq q_j \text{ untuk } j \in I$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen.

2. Pengiriman bahan ajar ke konsumen dilakukan minimal dua kali dalam setahun

$$w_{0j} \geq 2 \text{ untuk } j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen minimal dua kali dalam setahun.

3. Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan bahan ajar

$$w_{0j} a_{0j} = q_j \text{ untuk } j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan setiap permintaan konsumen dipenuhi .

4. Setiap gudang dan konsumen dapat dilayani dengan kendaraan jenis k

$$y_{0j}^k a_{0j} \leq Q_k \quad \text{untuk } k \in K ; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan jenis kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang utama ke konsumen berdasarkan kapasitas kendaraan.

5. Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan jenis k

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k = 1 \quad \text{untuk } j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang utama ke setiap konsumen hanya satu jenis.

6. Hubungan antara biaya transportasi dan jarak

$$c_{0j}^k = \gamma_k d_{0j} \quad \text{untuk } k \in K ; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan biaya transportasi setiap jenis kendaraan dari gudang utama ke konsumen.

Model berikut merupakan pemodelan dari sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat. Pada kedua model berikut diasumsikan stok bahan ajar di gudang utama tersedia sebanyak permintaan seluruh gudang terpilih model II.

Model II

Model ini merupakan model dari sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1. Dalam model ini diasumsikan stok bahan ajar di gudang terpilih sama dengan nol.

Fungsi objektifnya adalah :

Minimumkan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{0i}^k c_{0i}^k Cap + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij} + \sum_{i=1}^n x_i f + \lambda \sum_{i=1}^n (x_i Cap - v_i)$$

Fungsi $\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{0i}^k c_{0i}^k Cap$ menyatakan jumlah biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih.

Fungsi $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij}$ menyatakan jumlah biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen.

Fungsi $\sum_{i=1}^n x_i f$ menyatakan jumlah biaya pengudangan di gudang terpilih.

Fungsi $\lambda \sum_{i=1}^n (x_i Cap - v_i)$ menyatakan jumlah biaya penalti di gudang terpilih.

Batasan yang digunakan adalah :

1. Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen

$$w_{ij} M \geq q_j \text{ untuk } i \in (I - \{0\}); j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen.

2. Pengiriman bahan ajar ke konsumen dilakukan minimal dua kali dalam setahun

$$w_{ij} \geq 2 \text{ untuk } i \in (I - \{0\}); j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen minimal dua kali dalam setahun.

3. Jumlah bahan ajar yang disuplai gudang sama dengan jumlah permintaan konsumen

$$w_{ij} a_{ij} = q_j \text{ untuk } i \in (I - \{0\}); j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan setiap permintaan konsumen dipenuhi.

4. Setiap gudang dan konsumen dapat dilayani dengan kendaraan jenis k

$$y_{0i}^k Cap \leq Q_k \text{ untuk } k \in K, i \in (I - \{0\})$$

Kendala ini untuk menentukan jenis kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang utama ke gudang terpilih berdasarkan kapasitas kendaraan.

$$y_{ij}^k a_{ij} \leq Q_k \text{ untuk } k \in K; i \in (I - \{0\}); j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan jenis kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang terpilih ke konsumen berdasarkan kapasitas kendaraan.

5. Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu gudang

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{ij}^k a_{ij} \leq x_i Cap \text{ untuk } i \in (I - \{0\})$$

Kendala ini untuk memastikan konsumen j tidak dapat dilayani dari i kecuali gudang ditempatkan di i dan setiap gudang akan menyuplai konsumen terdekat.

6. Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan jenis k

$$\sum_{k=1}^{k'} y_{0i}^k = x_i \text{ untuk } i \in (I - \{0\})$$

Kendala ini untuk memastikan kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang utama ke setiap gudang terpilih hanya satu jenis.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k = 1 \text{ untuk } j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang terpilih ke setiap konsumen hanya satu jenis.

7. Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayaninya

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{ij}^k a_{ij} = v_i \text{ untuk } i \in (I - \{0\})$$

Kendala ini untuk memastikan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayani oleh setiap gudang terpilih terpenuhi.

8. Hubungan antara biaya transportasi dan jarak

$$c_{0i}^k = \gamma_k d_{0i} \text{ untuk } k \in K ; i \in (I - \{0\})$$

Kendala ini untuk menentukan biaya transportasi setiap kendaraan dari gudang utama ke gudang terpilih

$$c_{ij}^k = \gamma_k d_{ij} \text{ untuk } k \in K ; i \in (I - \{0\}); j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan biaya transportasi setiap jenis kendaraan dari gudang terpilih ke konsumen.

Model III

Model ini merupakan model dari sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2. Dalam model ini diasumsikan stok bahan ajar di gudang terpilih tersedia sebanyak kapasitasnya.

Fungsi objektifnya adalah :

$$\text{Minimumkan } \sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^K y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij} + \sum_{i=1}^n x_i f + \lambda \sum_{i=0}^n (x_i \text{Cap} - v_i)$$

Fungsi $\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^K y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij}$ menyatakan jumlah biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen.

Fungsi $\sum_{i=1}^n x_i f$ menyatakan jumlah biaya pengudangan di gudang terpilih.

Fungsi $\lambda \sum_{i=0}^n (x_i \text{Cap} - v_i)$ menyatakan jumlah biaya penalti di gudang terpilih.

Batasan yang digunakan adalah :

1. Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen

$$w_{ij}M \geq q_j \text{ untuk } i \in I; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen.

2. Pengiriman bahan ajar ke konsumen dilakukan minimal dua kali dalam setahun

$$w_{ij} \geq 2 \text{ untuk } i \in I; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan frekuensi pengiriman bahan ajar ke setiap konsumen minimal dua kali dalam setahun.

3. Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan bahan ajar

$$w_{ij}a_{ij} = q_j \text{ untuk } i \in I; j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan setiap permintaan konsumen dipenuhi.

4. Setiap gudang dan konsumen dapat dilayani dengan kendaraan jenis k

$$y_{ij}^k a_{ij} \leq Q_k \text{ untuk } k \in K; i \in I; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan jenis kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang terpilih ke konsumen berdasarkan kapasitas kendaraan.

5. Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu gudang

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{ij}^k a_{ij} \leq x_i Cap \text{ untuk } i \in I$$

Kendala ini untuk memastikan bahwa konsumen j tidak dapat dilayani dari i kecuali gudang ditempatkan di i dan setiap gudang akan menyuplai konsumen terdekat.

6. Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan jenis k

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k = 1 \text{ untuk } j \in J$$

Kendala ini untuk memastikan kendaraan yang akan mengirim bahan ajar dari gudang terpilih ke setiap konsumen hanya satu jenis.

9. Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayaninya

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{ij}^k a_{ij} = v_i \quad \text{untuk } i \in I$$

Kendala ini untuk memastikan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayani oleh setiap gudang terpilih terpenuhi.

7. Hubungan antara biaya transportasi dan jarak

$$c_{ij}^k = \gamma_k d_{ij} \quad \text{untuk } k \in K ; i \in I ; j \in J$$

Kendala ini untuk menentukan biaya transportasi setiap jenis kendaraan dari gudang terpilih ke konsumen.

UNIVERSITAS TERBUKA

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Data Simulasi

Model yang telah diperoleh pada bab sebelumnya diimplementasikan dengan cara melakukan simulasi model. Simulasi model dilakukan dengan menggunakan data koordinat UPBJJ-UT, data perkiraan permintaan bahan ajar setiap UPBJJ-UT dalam satu tahun dan data jenis kendaraan pengirim bahan ajar.

Pada tabel di bawah ini diberikan sebagian data koordinat UPBJJ-UT dan data perkiraan permintaan bahan ajar Pendidikan Dasar setiap UPBJJ-UT dalam satu tahun (berdasarkan subkontrak tahun 2008), selengkapnya dapat dilihat di Lampiran 3.

Tabel 1 Koordinat dan perkiraan permintaan bahan ajar dalam 1 tahun pada Kantor Pusat UT dan UPBJJ-UT

UPBJJ-UT ke	Nama UPBJJ-UT	Koord. x (°)	Koord. y (°)	Perkiraan permintaan (kilogram)
0	Kantor Pusat UT (Pondok Cabe, Ciputat, Tangerang)	106.76	-6.34	0
1	Banda Aceh	95.32	5.55	5000
2	Medan	98.66	3.58	13000

Data koordinat UPBJJ-UT di atas diperoleh dari *software Google Earth 4.0*, dengan mengasumsikan letak UPBJJ-UT berada di ibukota daerah masing-masing sesuai nama UPBJJ-UT. Data koordinat UPBJJ-UT tersebut merupakan data koordinat geografi bumi yaitu koordinat lintang (kolom koordinat x) dan koordinat bujur (kolom koordinat y). Data koordinat lintang dan bujur tersebut kemudian dikonversi dalam bentuk bilangan desimal. Misalnya, lokasi Kantor Pusat UT (Pondok Cabe) pada koordinat lintang ($106^{\circ}45'51.00''$ E) dan koordinat bujur ($6^{\circ}20'13.50''$ S), maka koordinat tersebut dikonversikan dengan cara :

$$106^{\circ}45'51.00'' = 106 + \frac{45}{60} + \frac{51.00}{3600} = 106.76^{\circ}$$

Konversi ini berlaku juga pada koordinat bujur dengan ketentuan koordinat bujur utara (*north*) akan memberikan nilai positif dan koordinat bujur selatan (*south*) akan memberikan nilai negatif pada koordinat y yang diperoleh. Sistem koordinat geografi merupakan sistem koordinat pada bumi yang berbentuk bola.

Data lainnya yang akan digunakan adalah data jenis kendaraan pengirim bahan ajar. Data jenis kendaraan pengangkut yang digunakan dalam simulasi adalah :

Tabel 2 Jenis kendaraan pengangkut bahan ajar

Transportasi	Jenis kendaraan	Kapasitas angkut (kg)
Darat	Kendaraan perusahaan subkontrak (Darat*)	≤ 4000
	<i>Trucking</i>	≤ 8000
Laut	<i>Cargo</i> kapal	> 4000
Udara	<i>Cargo</i> udara	≤ 1000

Dalam model disebutkan bahwa biaya transportasi merupakan fungsi *linear* dengan jarak. Jarak yang digunakan dalam simulasi adalah formula jarak pada permukaan bumi dengan asumsi 1 radian sama dengan 6378.50 kilometer (ILOG *Dispatcher* 2.1 1999). Konstanta pengali (γ_k) pada biaya transportasi ditentukan dengan metode *Least Squares* terhadap biaya pengiriman di data biaya pengiriman bahan ajar Pendidikan Dasar UT berdasarkan subkontrak tahun 2008. Oleh karena biaya transportasi merupakan fungsi *linear* dengan jarak, yang artinya jika jarak sama dengan nol maka biaya transportasi juga sama dengan nol, maka konstanta pengali (γ_k) ditentukan dengan menggunakan formula berikut :

$$\gamma_k = b_1 = \frac{\sum X_i Y_i}{\sum X_i^2}$$

(Neter *et al.* 1996) untuk fungsi *linear* $c_{ij}^k = \gamma_k d_{ij}$ atau $\hat{Y}_i = b_1 X_i$.

Hasil perhitungan dengan *Microsoft Excel* memberikan nilai konstanta pengali (γ_k) sebagai berikut :

Tabel 3 Konstanta pengali (γ_k) pada setiap jenis kendaraan

Jenis kendaraan	γ_k (rupiah/km.kg)
Darat*	1.467
Laut	2.317
Udara	5.315

Tabel 4 Konstanta pengali (γ_k) pada kendaraan jenis *trucking* untuk jumlah pengiriman bahan ajar sebesar 8000 kilogram

Jenis kendaraan	γ_k (rupiah/km)
<i>Trucking</i>	9113.000

Data biaya pengiriman dan penentuan nilai konstanta pengali (γ_k) dilampirkan di Lampiran 4.

Pada Tabel 3 di atas disebutkan konstanta pengali (γ_k) untuk kendaraan jenis darat*, laut, dan udara berlaku untuk jumlah pengiriman bahan ajar per kilogram, sedangkan pada Tabel 4 disebutkan kendaraan jenis *trucking* berlaku untuk jumlah pengiriman 8000 kilogram. Hal ini disebabkan biaya pengiriman kendaraan jenis *trucking* bersifat tetap, artinya biaya pengiriman bernilai sama untuk jumlah bahan ajar sebanyak 8000 kilogram maupun jumlah bahan ajar kurang dari 8000 kilogram.

Misalnya, diketahui jarak Kantor Pusat UT ke UPBJJ-UT 20.03 kilometer dan jumlah bahan ajar yang dikirim sebesar 6000 kilogram, maka biaya transportasi untuk kendaraan jenis :

$$\text{Darat*} : 1.467 \times 20.03 \times 6000 = 176\,304.06$$

$$\text{Laut} : 2.317 \times 20.03 \times 6000 = 278\,457.06$$

$$\text{Udara} : 5.315 \times 20.03 \times 6000 = 638\,756.70$$

$$\text{Trucking} : 9113.000 \times 20.03 = 182\,533.39$$

Sedangkan untuk jumlah pengiriman bahan ajar sebesar 8000 kilogram, maka biaya transportasi untuk kendaraan jenis :

$$\text{Darat*} : 1.467 \times 20.03 \times 8000 = 235\,072.08$$

$$\text{Laut} : 2.317 \times 20.03 \times 8000 = 371\,276.08$$

$$\text{Udara} : 5.315 \times 20.03 \times 8000 = 851\,675.60$$

$$\text{Trucking} : 9113.000 \times 20.03 = 182\,533.39$$

Cara penentuan biaya transportasi di atas tidak akan mempengaruhi pemodelan, namun hanya mempengaruhi penyusunan program komputasi di *Lingo* 8.0.

5.2 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka

Simulasi distribusi bahan ajar dilakukan pada kedua model distribusi bahan ajar tidak terpusat dan model distribusi bahan ajar terpusat. Jika dimisalkan p adalah banyaknya gudang, q adalah banyaknya konsumen yang dilayani dan r merupakan banyaknya kendaraan yang digunakan, maka model distribusi bahan ajar terpusat (model I) menggunakan variabel sebanyak qr terhadap q kendala. Model distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 (model II) menggunakan variabel sebanyak $pr + pqr + 2p$ terhadap $3p + q$ kendala. Model distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 (model III) menggunakan variabel sebanyak $pqr + 2p + 1$ terhadap $2p + q$ kendala.

Diasumsikan kapasitas kendaraan jenis laut maksimal 8000 kilogram, sedangkan kapasitas kendaraan jenis lain seperti yang tertera pada Tabel 2. Selain itu diasumsikan pula kapasitas gudang yang terpilih maksimal sebesar 8000 kilogram. Hal ini terkait dengan kapasitas maksimal kendaraan pengirim bahan ajar. Dimisalkan biaya penalti terhadap bahan ajar yang tersisa di gudang sebesar Rp 5000.00 per kilogram.

Pada model I dan III, biaya pengiriman dari gudang ke konsumen ditentukan oleh biaya transportasi dan jumlah minimal bahan ajar yang dikirim untuk satu kali pengiriman ke konsumen. Pada model II, biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih ditentukan oleh biaya transportasi dan jumlah bahan ajar sebesar kapasitas gudang terpilih, sedangkan biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen ditentukan oleh biaya transportasi dan jumlah minimal bahan ajar untuk satu kali pengiriman ke konsumen.

Tolok ukur dari penyusunan model II dan III adalah pemilihan gudang. Diketahui jumlah permintaan bahan ajar UPBJJ-UT setiap tahunnya berubah-ubah, sehingga untuk menentukan gudang terpilih yang tidak berubah-ubah seperti halnya jumlah permintaan bahan ajar setiap tahunnya, maka disusunlah biaya distribusi untuk satu kali pengiriman bahan ajar. Nilai fungsi objektif pada model I, II dan III merupakan biaya distribusi minimal dalam satu tahun.

5.2.1 Verifikasi Model

Verifikasi model merupakan cara untuk memastikan model yang disusun sudah valid dan sesuai dengan masalah. Pada verifikasi ini akan digunakan data simulasi yang sudah ditentukan sebelumnya. Hasil yang diharapkan pada verifikasi ini adalah apabila pada model II dan model III gudang terpilih tidak digunakan maka seluruh konsumen akan dilayani oleh gudang utama. Hal ini menunjukkan kedua model akan sama dengan model I.

Pada model I diasumsikan stok bahan ajar di gudang utama tersedia sebanyak permintaan seluruh konsumen, sedangkan pada model II dan III diasumsikan stok bahan ajar di gudang utama tersedia sebanyak permintaan seluruh gudang terpilih di model II. Meskipun data simulasi yang digunakan sama, namun karena stok bahan ajar di gudang utama pada model I berbeda dengan model II dan III, maka nilai fungsi objektifnya berbeda. Jadi, pada verifikasi ini yang dijadikan tolok ukur adalah terpilihnya gudang utama sebagai gudang yang melayani seluruh konsumen apabila tidak ada gudang yang terpilih. Pada model II dan III akan disimulasikan kapasitas gudang terpilih sebesar 4000 kilogram.

5.2.2 Analisis Hasil Verifikasi Model

Pada Tabel 5 di bawah ini diberikan hasil simulasi model I. Pada simulasi ini, biaya penggudangan gudang utama tidak diikutsertakan. Simulasi model I dilakukan dengan menggunakan *Lingo 8.0*, *software* ini menggunakan metode *Branch and Bound* untuk menyelesaikan masalah. Penulisan program dan solusinya dapat dilihat pada Lampiran 5 dan 6.

Tabel 5 Hasil simulasi model I

Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke konsumen (rupiah)
55 980 710	55 980 710

Model II merupakan model distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 yang mengasumsikan jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang utama ke gudang terpilih sebesar kapasitas gudang terpilih. Hal ini bertujuan untuk *linear*-kan fungsi objektif dan kendalanya. *Pe-linear*-an fungsi objektif dan kendalanya dimaksudkan untuk mempermudah proses komputersasi dalam *Lingo* 8.0. Hal ini disebabkan *Lingo* 8.0 hanya dapat menyelesaikan masalah *nonlinear* dengan jumlah variabel dan kendala terbatas.

Jika model II mengasumsikan jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang utama sebanyak jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang terpilih ke konsumen maka fungsi objektifnya akan *nonlinear* dengan kendala yang digunakan sama dengan fungsi objektif *linear*. Fungsi objektif *nonlinear* tersebut adalah :

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{0i}^k c_{0i}^k v_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij} + \sum_{i=1}^n x_i f$$

Pada fungsi objektif *nonlinear* tersebut fungsi penalti tidak digunakan karena tidak ada bahan ajar yang tersisa di gudang sehingga tidak ada biaya penalti terhadap sisa bahan ajar di gudang tersebut.

Model II merupakan pemodelan dari sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1. Pada sistem tersebut gudang utama hanya melayani gudang terpilih. Dalam verifikasi model, akan diberikan biaya pengudangan tertentu untuk menunjukkan tidak adanya gudang yang terpilih, sehingga gudang utama yang akan melayani seluruh konsumen. Oleh karena pada model II jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang utama ke gudang terpilih sebesar kapasitas gudang terpilih, maka terdapat perubahan pada model II. Perubahan tersebut adalah :

1. Pada fungsi objektif, berubah menjadi
Minimumkan

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{0i}^k c_{0i}^k Cap + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k c_{ij}^k a_{ij} + \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k c_{0j}^k a_{0j} + \sum_{i=1}^n x_i f$$

$$+ \lambda \sum_{i=1}^n (x_i Cap - v_i) + \lambda (Cap_0 - v_0)$$

2. Pada kendala 3 ditambahkan

$$a_{0j} = a_{ij} \quad \text{untuk } i \in (I - \{0\}); j \in J$$

3. Pada kendala 4 ditambahkan

$$y_{0j}^k a_{0j} \leq Q_k \quad \text{untuk } k \in K; j \in J$$

4. Pada kendala 6 berubah menjadi

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{k'} y_{ij}^k + \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k = 1 \quad \text{untuk } j \in J$$

5. Pada kendala 7 berubah menjadi

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{ij}^k a_{ij} = v_i \quad \text{untuk } i \in I$$

6. Pada kendala 8 ditambahkan

$$c_{0j}^k = f_k d_{0j} \quad \text{untuk } k \in K; j \in J$$

Model II yang berubah tersebut selanjutnya akan dinyatakan sebagai model II*. Berikut merupakan hasil simulasi model II* untuk 37 UPBJJ-UT dengan beberapa nilai biaya penggudangan.

Tabel 6 Hasil simulasi model II*

Biaya penggudangan di setiap gudang terpilih (rupiah)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke konsumen (rupiah)
0	0	73 768 160	0	0	55 980 710
7 000 000	0	73 768 160	0	0	55 980 710
10 000 000	0	73 768 160	0	0	55 980 710

Dari Tabel 6 terlihat bahwa gudang terpilih yang melayani seluruh konsumen adalah gudang utama meskipun biaya penggudangan di gudang terpilih bernilai Rp 0.00 maupun nilai lain yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya biaya penggudangan di gudang terpilih pun, tidak akan diperoleh gudang terpilih selain gudang utama. Hal ini tidak sesuai dengan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1. Oleh sebab itu untuk menunjukkan bahwa hasil simulasi model II* adalah gudang utama melayani gudang terpilih dan gudang terpilih yang melayani konsumen bukan gudang utama, maka akan ditunjukkan simulasi model II* yang menyertakan biaya penggudangan pada gudang utama. Diberikan biaya penggudangan di gudang utama sebesar Rp 37 000 000.00. Penulisan program dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 7 Hasil simulasi model II* dengan biaya penggudangan gudang utama

Biaya penggudangan di setiap gudang terpilih (rupiah)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke konsumen (rupiah)
0	8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21	74 527 300	18 057 590	38 682 210	0
7 000 000	0	110 768 160	0	0	55 980 710
10 000 000	0	110 768 160	0	0	55 980 710

Dari Tabel 7 di atas terlihat bahwa gudang utama hanya melayani gudang terpilih jika biaya penggudangan di gudang utama disertakan dalam simulasi model II*. Selain itu, pada Tabel 7 terlihat pula model II* akan sesuai dengan

sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 jika biaya penggudangan di gudang terpilih lebih kecil daripada biaya penggudangan di gudang utama. Jika biaya penggudangan di gudang terpilih jauh lebih besar daripada biaya penggudangan di gudang utama maka hanya gudang utama yang akan melayani seluruh konsumen.

Pada Tabel 7 terlihat bahwa gudang terpilih sebanyak 10 gudang, dengan setiap gudang terpilih berkapasitas 4000 kilogram, sehingga stok bahan ajar di gudang utama sebanyak 40 000 kilogram. Jadi pada simulasi model III akan diberikan kapasitas gudang utama sebesar 40 000 kilogram.

Pada tabel di bawah ini diberikan hasil simulasi model III dengan beberapa nilai biaya penggudangan. Pada simulasi ini, biaya penggudangan gudang utama tidak diikutsertakan. Penulisan program dapat dilihat pada Lampiran 12.

Tabel 8 Hasil simulasi model III

Biaya penggudangan di setiap gudang terpilih (rupiah)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke konsumen (rupiah)
0	2, 5, 10, 14, 17, 22, 25, 29, 33, 36	29 769 810	11 982 360	0
4 000 000	2, 5, 10, 14, 17, 22, 25, 29, 33, 36	69 769 810	11 982 360	0
5 000 000	0	73 768 160	0	55 980 710

Dari hasil simulasi model I di Tabel 4 dan model II* di Tabel 6 dapat dinyatakan bahwa biaya pengiriman model II* selalu sama dengan biaya pengiriman model I untuk biaya penggudangan Rp 0.00 ataupun biaya penggudangan lain yang lebih besar. Hal ini disebabkan biaya pengiriman pada model II*, yaitu Rp 56 739 800.00 selalu lebih besar daripada biaya pengiriman pada model I, yaitu Rp 55 980 710.00. Berdasarkan hasil simulasi model II* di Tabel 7, maka dapat disimpulkan bahwa model II* valid.

Model II merupakan pemodelan dari sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1. Sistem ini menempatkan gudang utama hanya melayani

gudang terpilih, sehingga perubahan model II menjadi model II* yang menambahkan biaya distribusi dari gudang utama ke konsumen tidak sesuai dengan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1. Jadi jika pada model II* dihilangkan komponen biaya distribusi dari gudang utama ke konsumen, maka tidak akan mempengaruhi kevalidan model tersebut. Dengan demikian, model II dapat dinyatakan valid.

Dari hasil simulasi model I dan III dapat dinyatakan bahwa biaya pengiriman model III sama dengan biaya pengiriman model I untuk biaya penggudangan di gudang terpilih lebih besar dari Rp 5 000 000.00. Dari hasil verifikasi ini, maka dapat disimpulkan bahwa model III valid dan sesuai dengan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2.

Berdasarkan keseluruhan hasil verifikasi, pada simulasi model II dan model III berikutnya akan diberikan biaya penggudangan di gudang terpilih sebesar Rp 4 000 000.00 untuk satu kali pengiriman bahan ajar ke konsumen. Sesuai dengan asumsi pemodelan, maka pada simulasi berikutnya biaya penggudangan di gudang utama diabaikan.

5.2.3 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Terpusat

Simulasi model I ini dilakukan sebagai pembanding hasil simulasi model II dan model III. Simulasi ini juga menggunakan data yang sama, sehingga hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai pembanding. Agar model I dapat dijadikan pembanding, maka diasumsikan stok bahan ajar di gudang utama tersedia sebanyak permintaan seluruh gudang terpilih model II. Hal ini menyebabkan adanya perubahan pada fungsi objektif model I, yaitu

$$\text{Minimumkan } \sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k c_{0j}^k a_{0j} + \lambda (Cap_0 - v_0)$$

dan ditambahkannya kendala :

$$\sum_{k=1}^{k'} \sum_{j=1}^{37} y_{0j}^k a_{0j} = v_0$$

Kendala ini untuk memastikan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayani oleh gudang utama terpenuhi.

Fungsi $\sum_{j=1}^{37} \sum_{k=1}^{k'} y_{0j}^k c_{0j}^k a_{0j}$ menyatakan jumlah biaya pengiriman dari gudang utama

ke konsumen, sedangkan fungsi $\lambda(Cap_0 - v_0)$ menyatakan jumlah biaya penalti di gudang utama. Biaya penalti digunakan karena diasumsikan bahan ajar tersedia sebanyak kapasitas gudang utama untuk setiap kali pengiriman, sehingga pada setiap kali pengiriman ke seluruh konsumen yang dilayani ada kemungkinan terdapat sisa bahan ajar di gudang. Model I yang berubah tersebut selanjutnya akan dinyatakan sebagai model I*. Penulisan program dan solusi yang didapatkan dalam *Lingo* 8.0 dapat dilihat pada Lampiran 7 dan 8.

Tabel 9 Hasil simulasi model I* untuk kapasitas gudang utama 40 000 kilogram

Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Jumlah bahan ajar tersisa di gudang (kg)
73 768 160	55 980 710	3557.490

Misal, diberikan simulasi biaya percetakan di gudang utama senilai Rp 4000.00 per kilogram, dan biaya penggudangan di gudang utama yang melayani bahan ajar satu kali pengiriman sebesar 40 000 kilogram disimulasikan senilai Rp 20 000 000.00 untuk satu kali pengiriman, maka diperoleh keseluruhan biaya operasional sistem distribusi bahan ajar terpusat untuk satu kali pengiriman adalah

$$73768160 + (4000 \times 40000) + 20000000 = 253768160$$

5.2.4 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat Alternatif 1

Simulasi model II dilakukan dengan menggunakan *Lingo* 8.0. Penulisan program dan solusi yang diperoleh dapat dilihat pada lampiran 10 dan 11. Berikut merupakan hasil simulasi model II untuk 37 UPBJJ-UT dengan kapasitas gudang yang berbeda.

Tabel 10 Hasil simulasi model II

Kapasitas gudang (kg)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	UPBJJ-UT yang dilayani (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Jumlah bahan ajar tersisa di gudang (kg)
4000	8	2,3,6,8	114 527 300	18 057 590	38 682 210	3557.490
	10	1,4,9,10				
	11	11,19,20,21				
	12	5,7,12				
	13	13,37				
	14	14,30,32,35				
	15	15,18,26,28				
	16	16,23,29,36				
	17	17,24,25,27				
	21	22,31,33,34				
5000	10	1,2,4,9,10	109 914 600	15 605 720	44 521 410	3557.490
	11	5,11,19,20,22				
	12	3,6,7,8,12				
	13	13,37				
	14	14,21,31,33,34				
	15	15,18,23,26,35				
	16	16,29,30,32,36				
	17	17,24,25,27,28				
6000	8	1,2,3,6,7,8	113 120 700	12 581 860	44 751 430	5557.490
	11	11,19,20,21,22,34				
	12	4,5,9,10,12				
	13	13,37				
	14	14,30,31,32,33,35				
	15	15,17,18,24,25,26				
	16	16,23,27,28,29,36				
7000	8	1,2,3,4,6,7,8	106 308 200	20 007 150	34 513 600	5557.490
	11	5,9,10,11,19,20,37				
	13	12,13				
	14	14,15,16,17,18,24,35				
	21	21,22,30,31,32,33,34				
	23	23,25,26,27,28,29,36				
8000	8	1,2,3,4,6,7,8,9	89 597 490	21 330 040	30 480 000	3557.490
	11	5,10,11,19,20,21,22,37				
	13	12,13,14,15,16				

Kapasitas gudang (kg)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	UPBJJ-UT yang dilayani (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Jumlah bahan ajar tersisa di gudang (kg)
	17	17,18,23,24,25,26,27,28				
	30	29,30,31,32,33,34,35,36				

Sesuai dengan teori distribusi fisik, dinyatakan bahwa salah satu komponen memperkecil biaya distribusi adalah penggunaan gudang yang sedikit. Oleh sebab itu, gudang dengan kapasitas 8000 kilogram direkomendasikan sebagai solusi terbaik untuk model II.

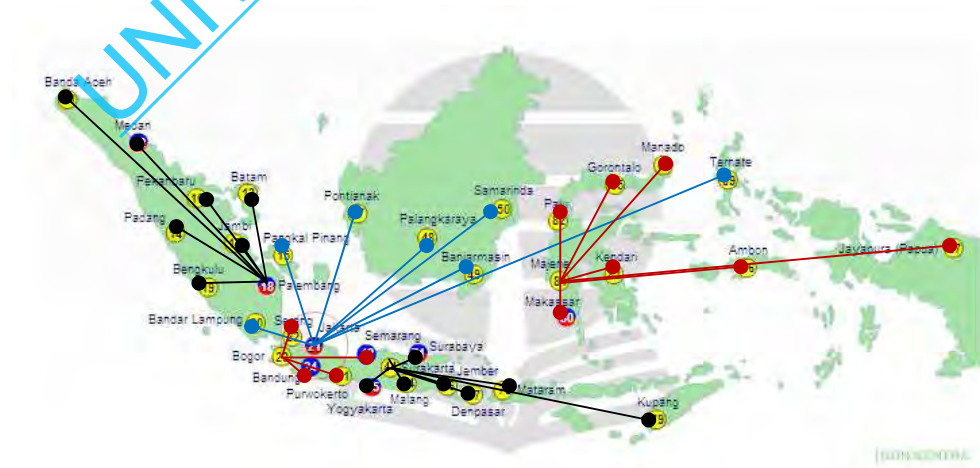
Tabel 11 Hasil rinci simulasi model II untuk kapasitas gudang 8000 kilogram

Jenis kendaraan dari gudang utama ke gudang terpilih	Gudang terpilih	UPBJJ-UT yang dilayani	Jumlah bahan ajar yang diangkut setiap kali pengiriman (kg)	Jenis kendaraan dari gudang terpilih ke UPBJJ-UT
<i>Trucking</i>	Palembang	Banda Aceh	1000.00	Darat*
		Medan	1000.00	Darat*
		Batam	1000.00	Darat*
		Padang	916.67	Darat*
		Pekanbaru	1000.00	Darat*
		Jambi	1000.00	Darat*
		Palembang	1000.00	Darat*
		Bengkulu	1000.00	Darat*
<i>Trucking</i>	Jakarta	Pangkal Pinang	967.24	Darat*
		Bandar Lampung	1000.00	Darat*
		Jakarta	1000.00	Darat*
		Pontianak	1000.00	Darat*
		Palangkaraya	950.00	Darat*
		Banjarmasin	950.00	Darat*
		Samarinda	1000.00	Darat*
		Ternate	833.33	Darat*
<i>Trucking</i>	Bogor	Serang	1000.00	Darat*
		Bogor	1000.00	Darat*
		Bandung	1000.00	Darat*
		Purwokerto	1000.00	Darat*
		Semarang	1000.00	Darat*
<i>Trucking</i>	Surakarta	Surakarta	1000.00	Darat*
		Yogyakarta	1000.00	Darat*
		Surabaya	1000.00	Darat*
		Malang	1000.00	Darat*

Jenis kendaraan dari gudang utama ke gudang terpilih	Gudang terpilih	UPBJJ-UT yang dilayani	Jumlah bahan ajar yang diangkut setiap kali pengiriman (kg)	Jenis kendaraan dari gudang terpilih ke UPBJJ-UT
		Jember	1000.00	Darat*
		Denpasar	1000.00	Darat*
		Mataram	1000.00	Darat*
		Kupang	1000.00	Darat*
<i>Trucking</i>	Majene	Makassar	1000.00	Darat*
		Majene	1000.00	Darat*
		Palu	1000.00	Darat*
		Kendari	991.93	Darat*
		Manado	1000.00	Darat*
		Gorontalo	1000.00	Darat*
		Ambon	835.33	Darat*
		Jayapura	1000.00	Darat*

Pada hasil simulasi diperoleh bahwa kendaraan yang digunakan untuk mengirimkan bahan ajar dari gudang utama ke gudang terpilih adalah jenis *trucking*. Pada Tabel 11 terlihat pula bahwa kendaraan jenis udara tidak digunakan meskipun jumlah bahan ajar yang dikirim dari gudang terpilih kurang dari 1000 kilogram. Hal ini disebabkan tujuan utama masalah distribusi ini adalah meminimalkan biaya distribusi, sehingga terpilih kendaraan jenis darat* yang memerlukan biaya distribusi paling sedikit.

Berikut gambar sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 berdasarkan hasil simulasi model II :



Gambar 10 Lokasi gudang terpilih dan UPBJJ-UT yang dilayaninya pada sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1.

Misal, diberikan simulasi biaya percetakan di gudang utama senilai Rp 4000.00 per kilogram, dan biaya penggudangan di gudang utama yang melayani bahan ajar satu kali pengiriman sebesar 40 000 kilogram disimulasikan senilai Rp 20 000 000.00 untuk satu kali pengiriman, maka diperoleh keseluruhan biaya operasional sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 untuk satu kali pengiriman adalah

$$89597490 + (4000 \times 40000) + 20000000 = 269597490$$

5.2.5 Simulasi Model Distribusi Bahan Ajar Tidak Terpusat Alternatif 2

Model III merupakan model distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2. Seperti halnya simulasi model II, maka simulasi model III juga dilakukan dengan menggunakan *Lingo* 8.0. Penulisan program dan solusi yang diperoleh dapat dilihat pada Lampiran 12 dan 13. Berikut merupakan hasil simulasi model III untuk 37 UPBJJ-UT dengan kapasitas gudang terpilih berbeda.

Tabel 12 Hasil simulasi model III

Kapasitas gudang (kg)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	UPBJJ-UT yang dilayani (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Jumlah bahan ajar tersisa di gudang (kg)
4000	2	1,2,4,6	69 769 810	11 982 360	3557.490
	5	3,5,8,19			
	10	7,9,10,12			
	14	11,13,14,15			
	17	16,17,18,23			
	22	20,21,22,31			
	25	24,25,26,27			
	29	28,29,30,32			
	33	33,34,35,37			
	36	36			
5000	6	1,2,3,4,6	64 034 130	14 246 680	3557.490
	8	5,7,8,9,10			
	13	11,12,13,14			
	18	15,16,17,18			
	20	19,20,21,22			
	25	23,24,25,26,27			

Kapasitas gudang (kg)	Gudang terpilih (indeks UPBJJ-UT)	UPBJJ-UT yang dilayani (indeks UPBJJ-UT)	Biaya distribusi (rupiah)	Biaya pengiriman dari gudang terpilih ke konsumen (rupiah)	Jumlah bahan ajar tersisa di gudang (kg)
	29 37	28,29,30,31,32 33,34,35,36,37			
6000	6 8 14 25 30 34 36	1,2,3,4,6,7 5,8,9,10,12,19 11,13,14,15, 16, 18 17, 23, 24,25,26, 27 20, 21, 22, 28,29,30 31,32,33,34,35, 37 36	71 490 820	15 703 370	5557.490
7000	6 8 14 25 30 37	1,2,3,4,6 5,7,8,9,10,19 11,12,13,14,15,16,18 17,21,23,24,25,26,27 20,22,28,29,30,31,32 33,34,35,36,37	69 003 850	17 216 400	5557.490
8000	6 11 24 30 37	1,2,3,4,6,7,8,9 5,10,11,12,13,14,15,19 16,17,18,23,24,25,26,27 20,21,22,28,29,30,31,32 33,34,35,36,37	56 544 540	18 757 090	3557.490

Seperti halnya dengan simulasi model II dan sesuai dengan teori distribusi fisik, maka gudang dengan kapasitas 8000 kilogram direkomendasikan sebagai solusi terbaik untuk model III.

Tabel 13 Hasil rinci simulasi model III untuk kapasitas gudang 8000 kilogram

Gudang terpilih	UPBJJ-UT yang dilayani	Jumlah bahan ajar yang diangkut setiap kali pengiriman (kg)	Jenis kendaraan yang digunakan
Pekanbaru	Banda Aceh	1000.00	Darat*
	Medan	1000.00	Darat*
	Batam	1000.00	Darat*
	Padang	916.67	Darat*
	Pekanbaru	1000.00	Darat*

Gudang terpilih	UPBJJ-UT yang dilayani	Jumlah bahan ajar yang diangkut setiap kali pengiriman (kg)	Jenis kendaraan yang digunakan
	Jambi	1000.00	Darat*
	Palembang	1000.00	Darat*
	Bengkulu	1000.00	Darat*
Jakarta	Pangkal Pinang	967.24	Darat*
	Bandar Lampung	1000.00	Darat*
	Jakarta	1000.00	Darat*
	Serang	1000.00	Darat*
	Bogor	1000.00	Darat*
	Bandung	1000.00	Darat*
	Purwokerto	1000.00	Darat*
	Pontianak	1000.00	Darat*
Malang	Semarang	1000.00	Darat*
	Surakarta	1000.00	Darat*
	Yogyakarta	1000.00	Darat*
	Surabaya	1000.00	Darat*
	Malang	1000.00	Darat*
	Jember	1000.00	Darat*
	Denpasar	1000.00	Darat*
	Mataram	1000.00	Darat*
Majene	Palangkaraya	950.00	Darat*
	Banjarmasin	950.00	Darat*
	Samarinda	1000.00	Darat*
	Kupang	1000.00	Darat*
	Makassar	1000.00	Darat*
	Majene	1000.00	Darat*
	Palu	1000.00	Darat*
	Kendari	991.93	Darat*
Ternate	Manado	1000.00	Darat*
	Gorontalo	1000.00	Darat*
	Ambon	833.33	Darat*
	Jayapura	1000.00	Darat*
	Ternate	833.33	Darat*

Dari Tabel 13, seperti hasil simulasi model II, kendaraan jenis udara tidak digunakan meskipun jumlah bahan ajar yang dikirim kurang dari kapasitas kendaraannya. Hal ini disebabkan tujuan utama masalah distribusi ini adalah meminimalkan biaya distribusi, sehingga terpilih kendaraan jenis darat* yang memerlukan biaya distribusi paling sedikit.

Berikut gambar sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 berdasarkan hasil simulasi model III :



Gambar 11 Lokasi gudang terpilih dan UPBJJ-UT yang dilayaninya pada sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2.

Misal, diberikan simulasi biaya percetakan di gudang terpilih senilai Rp 5000.00 per kilogram, maka diperoleh keseluruhan biaya operasional sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2 untuk satu kali pengiriman adalah

$$56544540 + (5000 \times 40000) = 256544540$$

5.2.6 Analisis Masalah Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka Berdasarkan Hasil Simulasi

Secara keseluruhan nilai fungsi objektif model I, II dan III disajikan dalam Tabel 14.

Tabel 14 Hasil keseluruhan simulasi ketiga model

Model	Jumlah biaya pengiriman dari gudang ke konsumen (rupiah)	Biaya distribusi untuk satu kali pengiriman (rupiah)	Total biaya operasional untuk satu kali pengiriman (rupiah)
Model I	55 980 710	73 768 160	253 768 160
Model II	51 810 040	89 597 490	269 597 490
Model III	18 757 090	56 544 540	256 544 540

Ketiga model disusun untuk menentukan biaya distribusi minimal dalam satu tahun, hal ini dikarenakan tolok ukur dari penyusunan model II dan III adalah

pemilihan gudang, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam hal ini, untuk membandingkan efisiensi ketiga model tidak dilihat pengaruh dari frekuensi pengiriman tetapi dilihat dari jumlah biaya pengiriman dari gudang ke konsumen. Selain itu dilihat pula total biaya operasional yaitu penjumlahan dari biaya distribusi, biaya penggudangan di gudang utama dan biaya percetakan di setiap gudang.

Pada Tabel 14 terlihat bahwa untuk satu kali pengiriman, model III lebih kecil biaya distribusinya dibandingkan model yang lain, hal ini disebabkan biaya pengiriman model III paling sedikit. Namun pada Tabel 14 terlihat pula total biaya operasional model I lebih kecil dibandingkan model III. Hal ini disebabkan biaya percetakan pada model I lebih kecil daripada biaya percetakan di model III. Jadi, jika jumlah permintaan seluruh konsumen merupakan jumlah minimal pengiriman dalam satu tahun maka total biaya operasional sistem distribusi bahan ajar terpusat paling minimal, sehingga sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 dan 2 tidak menguntungkan bagi UT.

Dari keseluruhan hasil simulasi, dapat dinyatakan bahwa model II memerlukan biaya distribusi dan total biaya operasional paling besar dibandingkan kedua model yang lain. Meskipun begitu, jika tersedia bahan ajar yang melebihi kapasitas gudang utama, maka perlu adanya gudang tambahan untuk menampung kelebihan bahan ajar tersebut. Ketersediaan bahan ajar yang melebihi daya tampung gudang utama dimungkinkan apabila adanya pertimbangan biaya cetak. Biaya cetak bahan ajar akan semakin murah apabila semakin besar jumlah bahan ajar yang dicetak.

Model III sangat dimungkinkan menjadi pilihan lain jika dipertimbangkan berdasarkan biaya pengiriman. Pada model III, perlu ada pertimbangan manajerial yaitu adanya keterbatasan teknologi percetakan dan bahan baku bahan ajar di gudang terpilih sehingga kemungkinan dapat menyebabkan kualitas cetak bahan ajar berbeda dengan hasil percetakan di gudang utama.

5.2.7 Analisis Masalah Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka Berdasarkan Total Biaya Operasional

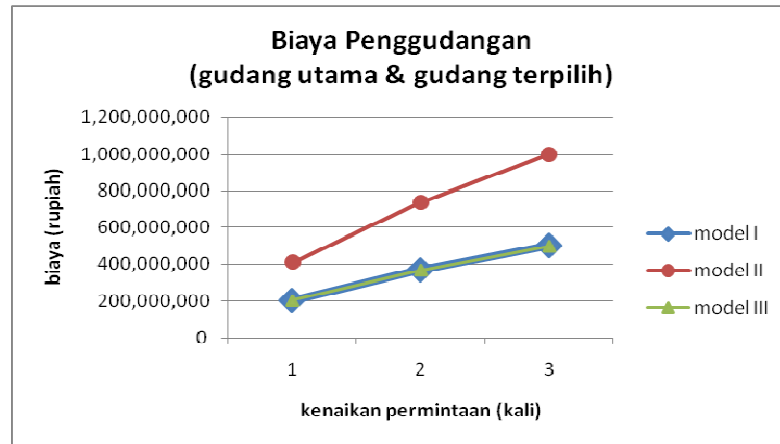
Pada Tabel 15 akan diperlihatkan perbandingan antar model berdasarkan total biaya operasional untuk keseluruhan permintaan UPBJJ-UT tahun 2008. Pada total biaya operasional berikut, dimisalkan untuk setiap kenaikan permintaan UPBJJ-UT diberikan maksimal permintaan setiap UPBJJ-UT sebesar 100 000 kilogram dalam satu tahun. Hasil perhitungan dengan *Microsoft Excel* dapat dilihat di Lampiran 14.

Tabel 15 Perbandingan kenaikan permintaan konsumen terhadap total biaya operasional pada ketiga model

Model	Total biaya operasional (rupiah)		
	Permintaan tahun 2008	2 × Permintaan tahun 2008	3 × Permintaan tahun 2008
Model I	2 688 089 559	4 788 713 049	6 461 662 485
Model II	2 828 092 455	5 037 115 606	6 807 916 919
Model III	2 546 472 994	4 543 326 346	6 179 556 029

Pada Tabel 15 terlihat bahwa total biaya operasional model II akan selalu lebih besar dibandingkan model I, hal ini disebabkan biaya distribusi pada model II lebih besar daripada model I dan adanya biaya penggudangan di gudang terpilih pada model II. Selain itu, terlihat bahwa total biaya operasional model III akan lebih kecil daripada model I untuk seluruh permintaan bahan ajar tahun 2008. Jika permintaan bahan ajar semakin meningkat maka total biaya operasional model III juga akan semakin kecil.

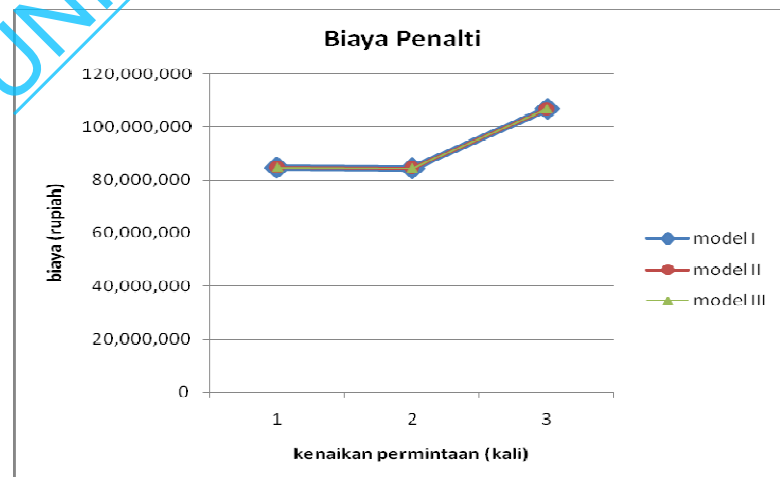
Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel di atas, berikut akan diperlihatkan grafik dari setiap komponen total biaya operasional, sehingga akan diketahui faktor-faktor yang mempengaruhi perbedaan biaya setiap model.



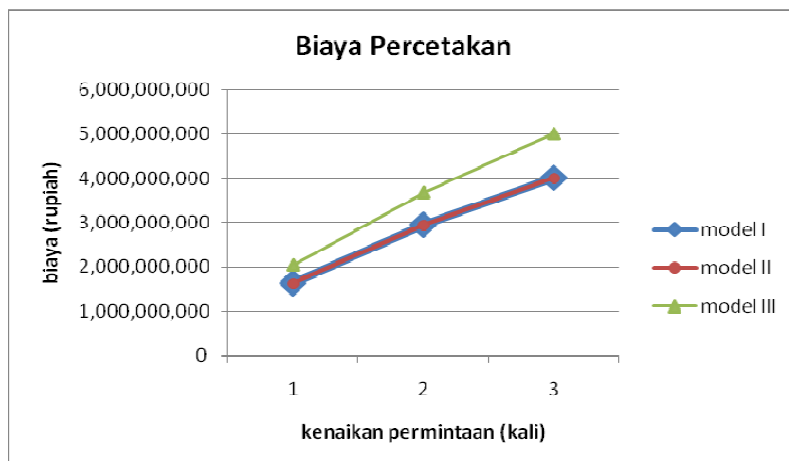
Gambar 12 Grafik perbandingan biaya penggudangan ketiga model



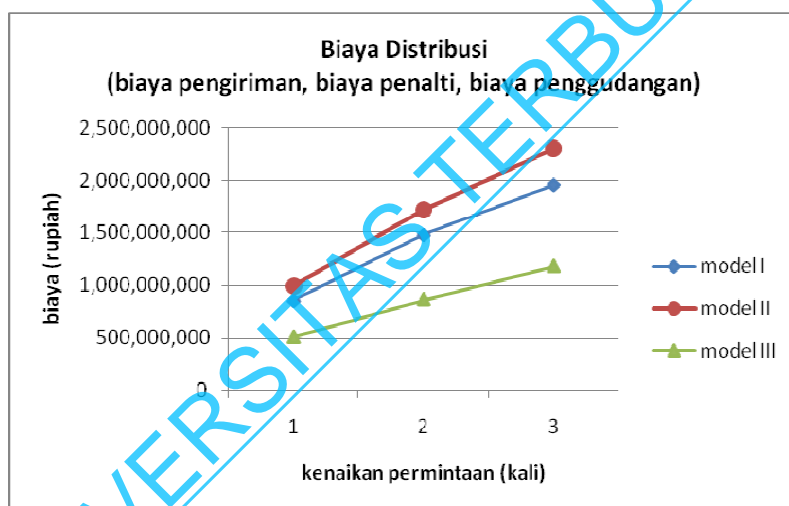
Gambar 13 Grafik perbandingan biaya pengiriman ketiga model



Gambar 14 Grafik perbandingan biaya penalti ketiga model



Gambar 15 Grafik perbandingan biaya percetakan ketiga model



Gambar 16 Grafik perbandingan biaya distribusi ketiga model

Dari Gambar 12 sampai dengan Gambar 16, dapat dinyatakan bahwa kenaikan setiap komponen biaya pada total biaya operasional sebanding dengan kenaikan permintaan bahan ajar. Oleh sebab itu, cara perhitungan total biaya operasional telah dilakukan dengan baik, sehingga hasilnya dapat dianalisis.

Pada Gambar 12 sampai dengan Gambar 16 terlihat bahwa komponen biaya pada model II paling besar dibandingkan model yang lain, kecuali untuk biaya percetakan bahan ajar model II lebih kecil daripada model III. Total biaya distribusi model II menjadi paling besar disebabkan biaya penggudangan dan biaya pengiriman pada model II sangat besar.

Pada Tabel 15 terlihat bahwa perbedaan biaya antara model I dan III tidak terlalu besar, hal ini disebabkan terdapat komponen biaya pada model III yang lebih besar daripada model I, dan begitu pula sebaliknya. Komponen biaya pada model III yang lebih besar daripada model I adalah biaya percetakan, hal ini disebabkan percetakan bahan ajar pada model III dilakukan di gudang terpilih yang nilai biayanya lebih besar dibandingkan percetakan pada model I yang dilakukan di gudang utama.

Komponen biaya pada model III yang lebih kecil daripada model I adalah biaya pengiriman. Pada Gambar 16 terlihat biaya distribusi model III juga lebih kecil dari model I, namun karena biaya penalti dan biaya penggudangan model I dan III sama besar sedangkan biaya pengiriman model III lebih kecil maka biaya distribusi menjadi lebih kecil.

Biaya penggudangan pada hasil simulasi model I dan III bernilai sama, sehingga menyebabkan total biaya operasional model III lebih kecil daripada model I. Pada kenyataannya, biaya penggudangan model III dapat lebih kecil maupun lebih besar daripada model I, sehingga hasil simulasi ini dapat berubah jika diberikan biaya penggudangan yang berbeda.

UNIVERSITAS TERBUKA

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Model distribusi bahan ajar yang dikembangkan oleh penulis merupakan sebagian dari alternatif pemecahan masalah distribusi secara umum. Model ini merupakan contoh kasus distribusi di Universitas Terbuka yang disusun sebagai upaya untuk menyederhanakan masalah sehingga dapat diselesaikan lebih cepat. Hal ini untuk menunjang pengambilan keputusan pada masalah distribusi bahan ajar di Universitas Terbuka secara lebih matematis.

Sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat yang menempatkan gudang antara Kantor Pusat UT dengan UPBJJ-UT ada dua macam, yaitu sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 1 dan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2. Kedua sistem tersebut dimodelkan menjadi model II dan model III.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem distribusi bahan ajar terpusat merupakan sistem yang total biaya operasionalnya lebih murah dibandingkan dengan sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat yang diusulkan jika permintaan bahan ajar setiap konsumen merupakan jumlah minimal pengiriman dalam satu tahun. Namun untuk keseluruhan permintaan bahan ajar tahun 2008 dan kelipatan kenaikannya, sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat alternatif 2, yaitu sistem yang menempatkan percetakan dan gudang di UPBJJ-UT terpilih untuk melayani UPBJJ-UT terdekat, lebih efisien daripada sistem distribusi bahan ajar terpusat.

6.2 Saran

Penelitian ini membahas tentang masalah lokasi fasilitas berkapasitas yang dikombinasikan dengan masalah penentuan kendaraan. Dalam model, faktor efisiensi pemilihan lokasi gudang ditentukan oleh biaya distribusi dan biaya operasional. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk melihat efisiensi sistem distribusi bahan ajar tidak terpusat berdasarkan lama waktu pengiriman yang meminimalkan biaya distribusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aghezzaf E. 2005. Capacity Planning and Warehouse Location in Supply Chain with Uncertain Demands. *Journal of Operations Research Society* 56: 453-462.
- Belawati T *et al.* 1999. *Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Bronson R. 1997. *Schaumm's Outline of Theory and Problems of Operations Research*. Ed ke-2. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Chvatal V. 1983. *Linear Programming*. New York : W.H. Freeman Company.
- Chang KT. 2004. *Geographic Information System*. New York : The McGraw-Hill Companies inc.
- Daellenbach HG, Goerge AJ, McNickle DC. 1983. *Introduction to Operations Research Techniques*. Ed ke-2. USA : Allyn & Bacon Inc.
- Eldredge DL. 1982. A Cost Minimization Model for Warehouse Distribution Systems [abstrak]. *Interfaces*. Linthicum 12 : 113-119.
- Gunnarsson H, Ronnqvist M, Carlsson D. 2006. A Combined Terminal Location and Ship Routing Problem. *Journal of the Operational Research Society* 57: 928-938.
- Hiller FS, Lieberman GJ. 1990. *Introduction to Operations Research*. Ed ke-5. New York : McGraw-Hill, Inc.
- Kotler P *et al.* 2002. *Manajemen Pemasaran Perspektif Asia Buku 2*. Ed ke-1. Handoyo P & Hamin, penerjemah. Yogyakarta : Andi Offset.
- Lee J. 2007. Mixed-integer Nonlinear Programming : Some Modeling and Solution Issues. *IBM Journal of Research and Development* 51 : 489-497.
- Nash SG, Sofer A. 1996. *Linear and Non Linear Programming*. Singapore : The McGraw-Hill Companies inc.
- Neter *et al.* 1996. *Applied Linear Regression Models*. Ed ke-3. USA : Times Mirror Higher Education Group, Inc.
- Nemhauser GL. 1999. *Integer and Combinatorial Optimization*. USA : John Wiley & Sons Inc.

- Pratmoko A. 2002. Sistem Distribusi Bahan Ajar Universitas Terbuka Menggunakan Metode Simpleks Transportasi (Tinjauan Alternatif). *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi* 3 : 1-10
- Rardin RL. 1998. *Optimization in Operation Research*. USA : Prentice-Hall.Inc.
- Taha HA. 1992. *Operation Research : An Introduction*. Ed ke-5. Singapura : Macmillan, Inc.
- Taha HA. 2003. *Operation Research : An Introduction*. Ed ke-7. USA : Pearson Education, Inc.
- [Tim ISO-UT]. 2007. *Dokumen Pedoman Kualitas-Pengembangan Bahan Ajar dan Bahan Ujian*. Tangerang : Universitas Terbuka.
- [Tim Simintas-UT]. 2004. *Pedoman Simintas (JKOK DS00)*. Ed ke-1. Tangerang : Universitas Terbuka.

UNIVERSITAS TERBUKA

LAMPIRAN

UNIVERSITAS TERBUKA

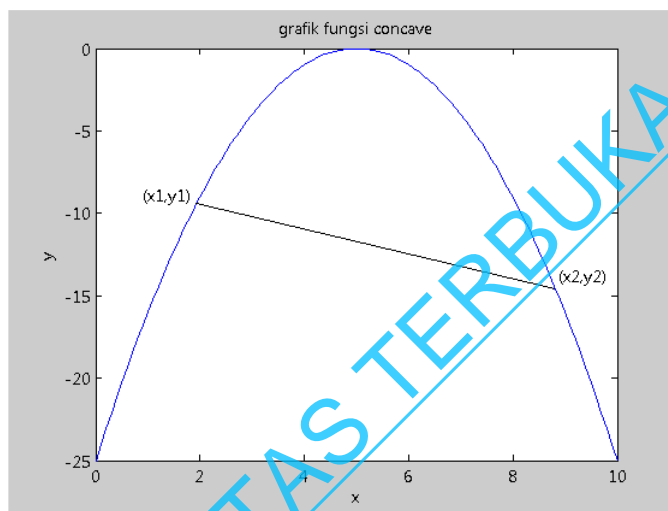
Lampiran 1

Program MATLAB untuk Gambar 2 dan Gambar 3.

Program di MATLAB

```
>> x=0:0.1:10;  
>> y=-(x-5).^2;  
>> plot(x,y)
```

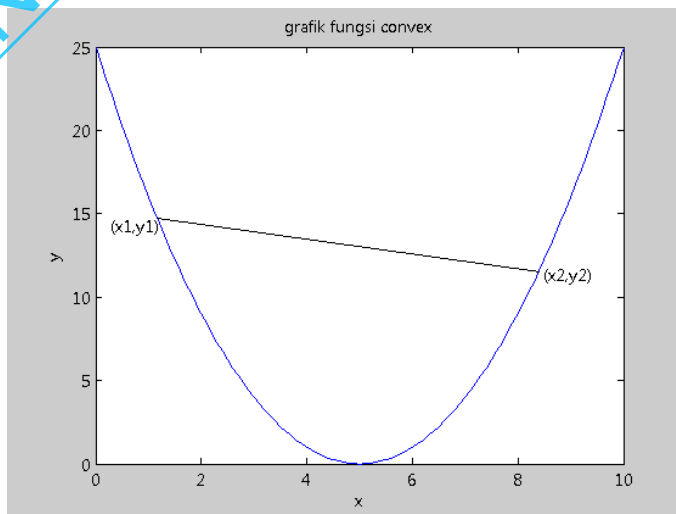
Outputnya:



Program di MATLAB

```
>> x=0:0.1:10;  
>> y=(x-5).^2;  
>> plot(x,y)
```

Outputnya :



Lampiran 2

Program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan *linear programming* pada Contoh 2.2.

a. Penyelesaian LP_0

```
MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP0 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1>=0;
X2>=0;
END
```

Outputnya :

Global optimal solution found at iteration: 4
Objective value: 23.75000

Model Title: PENYELESAIAN LP0 PADA CONTOH 2.2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	3.750000	0.000000
X2	1.250000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	23.75000	1.000000
2	0.000000	2.500000
3	0.000000	0.2500000
4	3.750000	0.000000
5	1.250000	0.000000

b. Penyelesaian LP_1

```
MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP1 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1<=3;
X1>=0;
X2>=0;
END
```

Outputnya :

Global optimal solution found at iteration: 3
Objective value: 23.00000

Model Title: PENYELESAIAN LP1 PADA CONTOH 2.2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	3.000000	0.000000
X2	2.000000	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	23.000000	1.000000
2	0.000000	4.000000
3	3.000000	0.000000
4	0.000000	1.000000
5	3.000000	0.000000
6	2.000000	0.000000

c. Penyelesaian LP_2

MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP2 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1>=4;
X1>=0;
X2>=0;
END

Outputnya :

Global optimal solution found at iteration: 5
Objective value: 23.33333

Model Title: PENYELESAIAN LP2 PADA CONTOH 2.2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	4.000000	0.000000
X2	0.8333333	0.000000
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	23.33333	1.000000
2	0.1666667	0.000000
3	0.000000	0.6666667
4	0.000000	-1.6666667
5	4.000000	0.000000
6	0.8333333	0.000000

d. Penyelesaian LP_3

MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP3 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1>=4;
X2<=0;
X1>=0;

X2>=0;
END

Outputnya :

Global optimal solution found at iteration: 3
Objective value: 22.50000

Model Title: PENYELESAIAN LP3 PADA CONTOH 2.2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	4.500000	0.000000
X2	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	22.50000	1.000000
2	0.5000000	0.000000
3	0.000000	0.5000000
4	0.5000000	0.000000
5	0.000000	1.000000
6	4.500000	0.000000
7	0.000000	0.000000

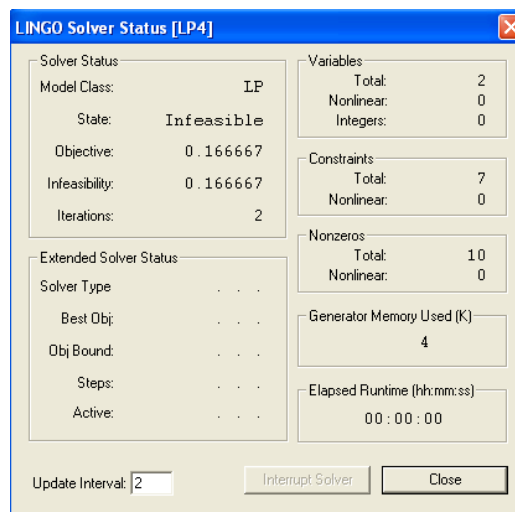
e. Penyelesaian LP_4

MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP4 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1>=4;
X2>=1;
X1>=0;
X2>=0;
END

Outputnya :



f. Penyelesaian LP_5

```

MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP5 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1<=4;
X1>=4;
X2<=0;
X1>=0;
X2>=0;
END

```

Outputnya :

Global optimal solution found at iteration: 3
Objective value: 20.00000

Model Title: PENYELESAIAN LP5 PADA CONTOH 2.2

Variable	Value	Reduced Cost
X1	4.000000	0.000000
X2	0.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	20.000000	1.000000
2	1.000000	0.000000
3	5.000000	0.000000
4	0.000000	5.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	4.000000
7	4.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

g. Penyelesaian LP_6

```

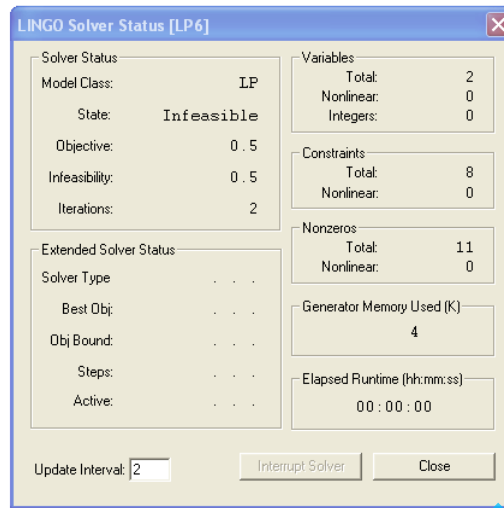
MODEL:
TITLE "PENYELESAIAN LP6 PADA CONTOH 2.2";

MAX =5*X1+4*X2;

X1+X2<=5;
10*X1+6*X2<=45;
X1>=5;
X1>=4;
X2<=0;
X1>=0;
X2>=0;
END

```

Outputnya :



UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 3

Tabel 1 Koordinat dan perkiraan permintaan bahan ajar UT dalam 1 tahun pada Kantor Pusat UT dan UPBJJ-UT

Indeks UPBJJ-UT	Nama UPBJJ-UT	Koord. x ($^{\circ}$)	Koord. y ($^{\circ}$)	Perkiraan permintaan (kg)
0	Kantor Pusat UT (Pondok Cabe, Ciputat, Tangerang)	106.76	-6.34	0
1	Banda Aceh	95.32	5.55	5000
2	Medan	98.66	3.58	5000
3	Batam	104.03	1.08	4000
4	Padang	100.37	-0.95	5500
5	Pangkal Pinang	106.11	-2.14	28050
6	Pekanbaru	101.50	0.53	4000
7	Jambi	102.92	-1.76	2000
8	Palembang	104.76	-2.99	4000
9	Bengkulu	102.39	-3.63	4000
10	Bandar Lampung	104.32	-5.24	2000
11	Jakarta	106.86	-6.19	8000
12	Serang	106.15	-6.12	2000
13	Bogor	106.79	-6.60	3000
14	Bandung	107.60	-6.92	3000
15	Purwokerto	109.25	-7.43	3000
16	Semarang	110.43	-6.97	5000
17	Surakarta	110.82	-7.57	2000
18	Yogyakarta	110.44	-7.88	3000
19	Pontianak	109.33	0.02	15000
20	Palangkaraya	113.94	-2.22	9500
21	Banjarmasin	114.59	-3.33	9500
22	Samarinda	117.15	-0.50	20000
23	Surabaya	112.73	-7.29	3000
24	Malang	112.63	-7.97	3000
25	Jember	113.70	-8.17	5000
26	Denpasar	115.22	-8.66	3000
27	Mataram	116.13	-8.59	3000
28	Kupang	123.58	-10.17	13000
29	Makassar	119.41	-5.15	70000
30	Majene	118.96	-3.54	3000
31	Palu	119.86	-0.90	15000
32	Kendari	122.59	-3.97	61500
33	Manado	124.84	1.49	28000
34	Gorontalo	122.16	0.70	29000

Indeks UPBJJ-UT	Nama UPBJJ-UT	Koord. x ($^{\circ}$)	Koord. y ($^{\circ}$)	Perkiraan permintaan (kg)
35	Ambon	128.17	-3.70	2500
36	Jayapura	140.72	-2.54	3000
37	Ternate	127.38	0.78	2500

Keterangan :

- Koordinat x , y diperoleh dari *software Google Earth 4.0*
- Koordinat x merupakan koordinat bujur bumi
- Koordinat y merupakan koordinat lintang bumi
- Data perkiraan permintaan merupakan data perkiraan permintaan jumlah bahan ajar Pendidikan Dasar berdasarkan subkontrak tahun 2008.

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 4

Tabel 2 Data jarak dan biaya pengiriman bahan ajar

Indeks UPBJJ-UT	Nama UPBJJ-UT	Koord. x (°)	Koord. y (°)	Jarak Kantor Pusat UT ke (km)	Biaya pengiriman via (rupiah)			
					darat*	trucking	udara	laut
0	Kantor Pusat UT	106.76	-6.34					
1	Banda Aceh	95.32	5.55	1835.25			7387	
2	Medan	98.66	3.58	1424.86	1997	12 669 000	5891	
3	Batam	104.03	1.08	879.99			5143	2200
4	Padang	100.37	-0.95	929.34	1975	11 499 000	4114	
5	Pangkal Pinang	106.11	-2.14	473.10			3784	2100
6	Pekanbaru	101.5	0.53	962.57	1800	11 299 000	4815	
7	Jambi	102.92	-1.76	664.61	1575	9 775 465	4224	
8	Palembang	104.76	-2.99	433.95	975	5 999 000	3080	
9	Bengkulu	102.39	-3.63	570.84	1900	9 969 997	4048	
10	Bandar Lampung	104.32	-5.24	296.70	455	2 724 950		
11	Jakarta	106.86	-6.19	20.03	205	850 000		
12	Serang	106.15	-6.12	71.81	220	950 000		
13	Bogor	106.79	-6.6	29.13	195	825 000		
14	Bandung	107.6	-6.92	113.13	280	1 250 125		
15	Purwokerto	109.25	-7.43	300.76	400	2 399 000		
16	Semarang	110.43	-6.97	411.83	450	2 699 000		
17	Surakarta	110.82	-7.57	469.08	499	2 999 000		
18	Yogyakarta	110.44	-7.88	441.19	499	3 069 000		
19	Pontianak	109.33	0.02	763.44			4875	2120
20	Palangkaraya	113.94	-2.22	919.48			6390	3320
21	Banjarmasin	114.59	-3.33	930.88			6383	2200
22	Samarinda	117.15	-0.5	1324.63			6930	2160
23	Surabaya	112.73	-7.29	668.33	698	4 199 000		
24	Malang	112.63	-7.97	673.28	827	4 975 000		
25	Jember	113.7	-8.17	792.99	915	5 179 887		
26	Denpasar	115.22	-8.66	968.74	1050	7 249 999	3273	
27	Mataram	116.13	-8.59	1064.09	1995	11 500 000	5445	
28	Kupang	123.58	-10.17	1901.03			10807	2880
29	Makassar	119.41	-5.15	1407.39			6200	2800
30	Majene	118.96	-3.54	1388.42			7762	
31	Palu	119.86	-0.9	1575.91			9724	3800
32	Kendari	122.59	-3.97	1774.71			9152	4000

Indeks UPBJJ-UT	Nama UPBJJ-UT	Koord. x (°)	Koord. y (°)	Jarak Kantor Pusat UT ke (km)	Biaya pengiriman via (rupiah)			
					darat*	trucking	udara	laut
33	Manado	124.84	1.49	2190.30			10040	3700
34	Gorontalo	122.16	0.7	1882.18			11088	4200
35	Ambon	128.17	-3.7	2392.14			11592	
36	Jayapura	140.72	-2.54	3791.90			21012	
37	Ternate	127.38	0.78	2424.54			14325	

Keterangan :

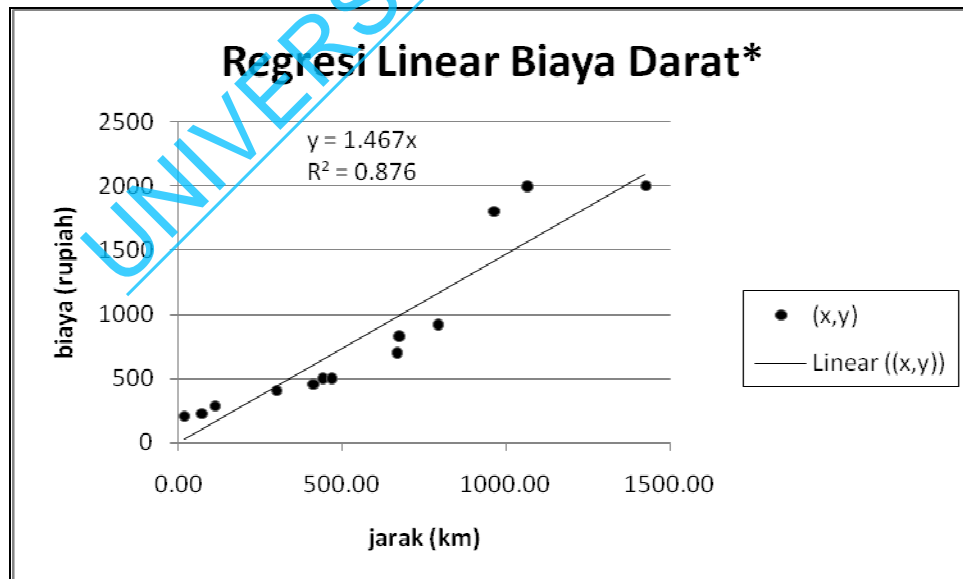
- Jarak diperoleh dengan formula jarak pada *permukaan bumi* , 1 radian sama dengan 6378.5 kilometer (ILOG *Dispatcher* 2.1 1999)
- Biaya pengiriman diperoleh dari data biaya pengiriman bahan ajar Pendidikan Dasar berdasarkan subkontrak tahun 2008
- Biaya pengiriman via darat*, laut, dan udara berlaku untuk jumlah pengiriman bahan ajar per kilogram
- Biaya pengiriman via *trucking* berlaku untuk jumlah pengiriman bahan ajar per 8000 kilogram

UNIVERSITAS TERBUKA

Tabel 3 Data untuk memperoleh konstanta pengali (γ_k) pada biaya darat* terhadap jarak

Jarak (X) (km)	Biaya (Y) (rupiah)
20.03	205
71.81	220
113.13	280
300.76	400
411.83	450
441.19	499
469.08	499
668.33	698
673.28	827
792.99	915
962.57	1800
1064.09	1995
1424.86	1997

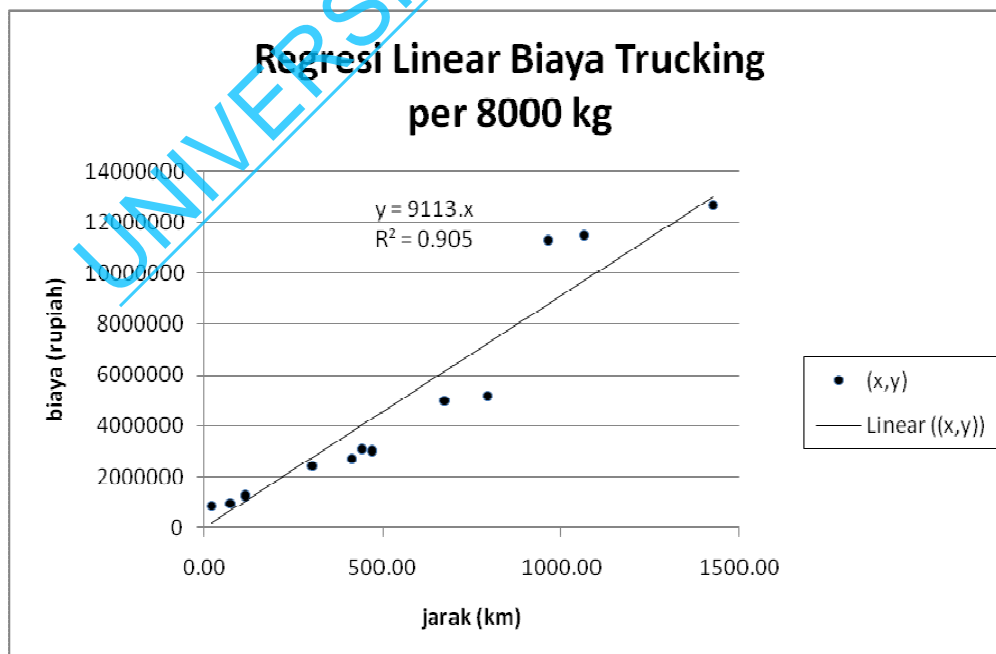
Catatan : data yang digunakan merupakan data Tabel 2 yang dikurangi 7 data pencilan



Tabel 4 Data untuk menentukan konstanta pengali (γ_k) pada biaya *trucking* terhadap jarak

Jarak (X) (km)	Biaya (Y) (rupiah)
20.03	850 000
71.81	950 000
113.13	1 250 125
300.76	2 399 000
411.83	2 699 000
441.19	3 069 000
469.08	2 999 000
673.28	4 975 000
792.99	5 179 887
962.57	11 299 000
1064.09	11 500 000
1424.86	12 669 000

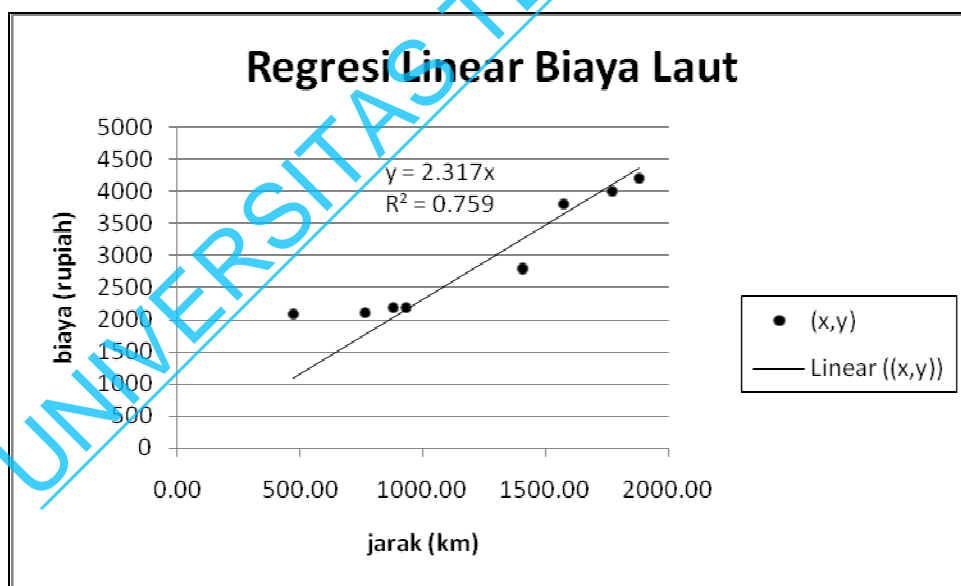
Catatan : data yang digunakan merupakan data Tabel 2 yang dikurangi 8 data pencilan



Tabel 5 Data untuk menentukan konstanta pengali (γ_k) pada biaya laut terhadap jarak

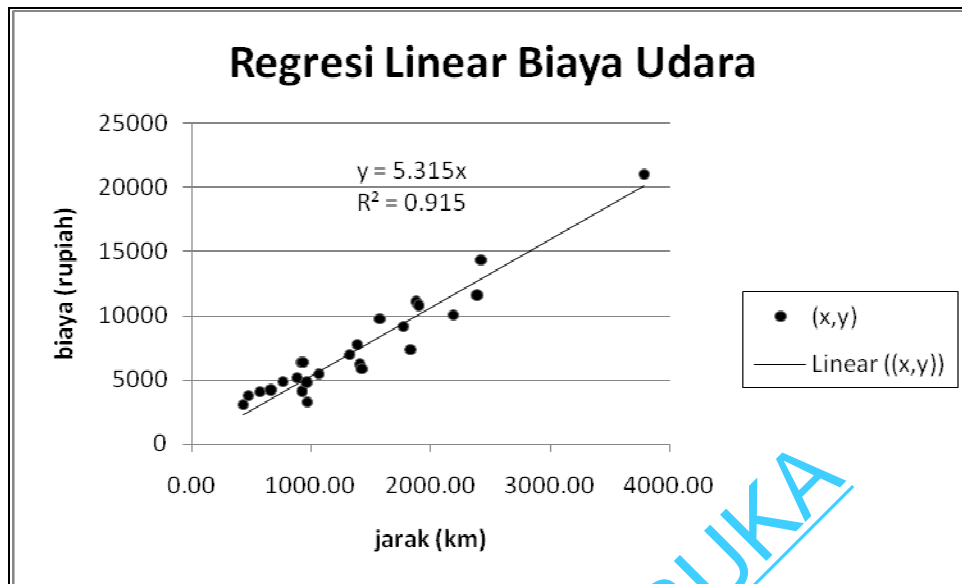
Jarak (X) (km)	Biaya (Y) (rupiah)
473.10	2100
763.44	2120
879.99	2200
930.88	2200
1407.39	2800
1575.91	3800
1774.71	4000
1882.18	4200

Catatan : data yang digunakan merupakan data Tabel 2 yang dikurangi 4 data pencilan



Tabel 6 Data untuk menentukan konstanta pengali (γ_k) pada biaya udara terhadap jarak

Jarak (X) (km)	Biaya (Y) (rupiah)
433.95	3080
473.10	3784
570.84	4048
664.61	4224
763.44	4875
879.99	5143
919.48	6390
929.34	4114
930.88	6383
962.57	4815
968.74	3273
1064.09	5445
1324.63	6930
1388.42	7762
1407.39	6200
1424.86	5891
1575.91	9724
1774.71	9152
1835.25	7387
1882.18	11088
1901.03	10807
2190.30	10040
2392.14	11592
2424.54	14325
3791.90	21012



UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 5

Program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan model I

```

MODEL:
TITLE "DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TERPUSAT)";
!Biaya operasional gudang utama diabaikan;

SETS:
GUDANG/ G0 /;
KONSUMEN/U1..U37//;
KENDARAAN/ V1,V2,V3,V4 /:KAP_KENDARAAN,KONST_KENDARAAN;
DEMAND_KONSUMEN(KONSUMEN):PERMINTAAN_KONSUMEN;
JARAK1(GUDANG,KONSUMEN):JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN;
BIAYA_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI;
JUMLAH_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN):VOL_BA,FR,FREKW,BYKNYA_PENGIRIMAN;
VAR_KEPUTUSAN(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):Y;
ENDSETS

DATA:
M=1000;
KONST_KENDARAAN= 1.467, 2.317, 5.315, 9113;
KAP_KENDARAAN= 4000, 8000, 1000, 8000;
!Data yang dipakai disimpan di dalam program Excel yang dapat diimpor
dari E:\DATA SITTA\tesis distribusi\drafttesis\data_terpusat2.xls;
JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN,PERMINTAAN_KONSUMEN=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_terpusat2.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN','PERMINTAAN_KONSU
MEN');
ENDDATA

!FUNGSI OBJEKTIF;
[OBJ_COST] MIN=SHIPCOST;
SHIPCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K):Y(I,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K));

!VARIABEL KEPUTUSAN;
!Variabel Y adalah variabel biner;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN:@BIN(Y));

!KENDALA;
!(1);
!Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):PERMINTAAN_KONSUMEN(J)=FR(I,J)*M);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):FREKW(I,J)=@IF(FR(I,J)#EQ#@FLOOR(FR(I,J)),FR(I,J),@FLOOR(
FR(I,J))+1));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)=@IF(FREKW(I,J)#GT#2,FREKW(I,J),2));

!(2);
!Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan bahan ajar;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)*VOL_BA(I,J)=PERMINTAAN_KONSUMEN(J)
);

!(3);
!Setiap konsumen dapat dilayani dengan kendaraan tipe k;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J)<=KAP_KENDARAAN(K));

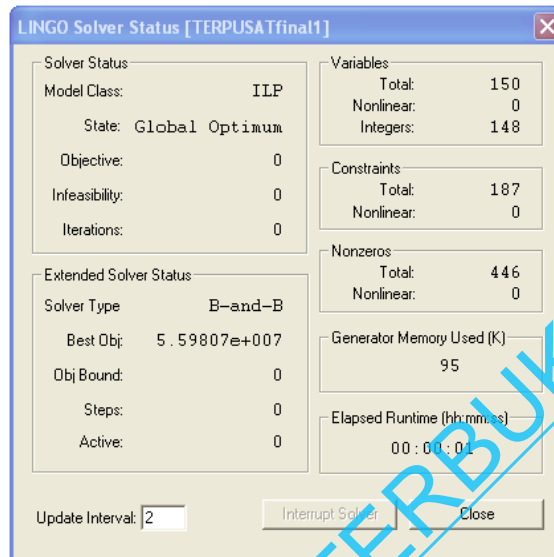
!(4);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan tipe k;
@FOR(GUDANG(I):
@FOR(KONSUMEN(J):
@SUM(KENDARAAN(K):Y(I,J,K)=1));

!(5);
!Hubungan antara biaya transportasi dan jarak;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K)|K#LE#3:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GU
DANG_KE_KONSUMEN(I,J)*VOL_BA(I,J));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K)|K#EQ#4:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GU
DANG_KE_KONSUMEN(I,J));

```


Lampiran 6

Output program *Lingo 8.0* untuk menyelesaikan model I



Global optimal solution found at iteration: 0
Objective value: 0.5598071E+08

Model Title: DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TERPUSAT)

Variable	Value	Reduced Cost
M	1000.000	0.000000
SHIPCOST	0.5598071E+08	0.000000
KAP_KENDARAAN(V1)	4000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V2)	8000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V3)	1000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V4)	8000.000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V1)	1.467000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V2)	2.317000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V3)	5.315000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V4)	9113.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U1)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U2)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U3)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U4)	5500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U5)	28050.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U6)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U7)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U8)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U9)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U10)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U11)	8000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U12)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U13)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U14)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U15)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U16)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U17)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U18)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U19)	15000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U20)	9500.000	0.000000

PERMINTAAN_KONSUMEN(U21)	9500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U22)	20000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U23)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U24)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U25)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U26)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U27)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U28)	13000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U29)	70000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U30)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U31)	15000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U32)	61500.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U33)	28000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U34)	29000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U35)	2500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U36)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U37)	2500.000	0.000000
VOL_BA(G0, U1)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U2)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U3)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U4)	916.6667	0.000000
VOL_BA(G0, U5)	967.2414	0.000000
VOL_BA(G0, U6)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U7)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U8)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U9)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U10)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U11)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U12)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U13)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U14)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U15)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U16)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U17)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U18)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U19)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U20)	950.0000	0.000000
VOL_BA(G0, U21)	950.0000	0.000000
VOL_BA(G0, U22)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U23)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U24)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U25)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U26)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U27)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U28)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U29)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U30)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U31)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U32)	991.9355	0.000000
VOL_BA(G0, U33)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U34)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U35)	833.3333	0.000000
VOL_BA(G0, U36)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U37)	833.3333	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U1)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U2)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U3)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U4)	6.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U5)	29.00000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U6)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U7)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U8)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U9)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U10)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U11)	8.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U12)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U13)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U14)	3.000000	0.000000

BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U15)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U16)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U17)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U18)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U19)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U20)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U21)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U22)	20.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U23)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U24)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U25)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U26)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U27)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U28)	13.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U29)	70.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U30)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U31)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U32)	62.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U33)	28.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U34)	29.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U35)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U36)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U37)	3.000000	0.000000
Y(G0, U1, V1)	1.000000	-2307684.
Y(G0, U1, V2)	0.000000	-2212251.
Y(G0, U1, V3)	0.000000	-747718.6
Y(G0, U1, V4)	0.000000	4754370.
Y(G0, U2, V1)	1.000000	-2909734.
Y(G0, U2, V2)	0.000000	-2835641.
Y(G0, U2, V3)	0.000000	-1698605.
Y(G0, U2, V4)	0.000000	2573119.
Y(G0, U3, V1)	1.000000	-3709056.
Y(G0, U3, V2)	0.000000	-3663296.
Y(G0, U3, V3)	0.000000	-2961065.
Y(G0, U3, V4)	0.000000	-322857.3
Y(G0, U4, V1)	1.000000	-3333597.
Y(G0, U4, V2)	0.000000	-3289298.
Y(G0, U4, V3)	0.000000	-2609482.
Y(G0, U4, V4)	0.000000	-55487.81
Y(G0, U5, V1)	1.000000	-4164902.
Y(G0, U5, V2)	0.000000	-4141107.
Y(G0, U5, V3)	0.000000	-3775939.
Y(G0, U5, V4)	0.000000	-2404042.
Y(G0, U6, V1)	1.000000	-3587915.
Y(G0, U6, V2)	0.000000	-3537862.
Y(G0, U6, V3)	0.000000	-2769733.
Y(G0, U6, V4)	0.000000	116040.8
Y(G0, U7, V1)	1.000000	-4025015.
Y(G0, U7, V2)	0.000000	-3990455.
Y(G0, U7, V3)	0.000000	-3460096.
Y(G0, U7, V4)	0.000000	-1467591.
Y(G0, U8, V1)	1.000000	-4363388.
Y(G0, U8, V2)	0.000000	-4340822.
Y(G0, U8, V3)	0.000000	-3994526.
Y(G0, U8, V4)	0.000000	-2693530.
Y(G0, U9, V1)	1.000000	-4162573.
Y(G0, U9, V2)	0.000000	-4132889.
Y(G0, U9, V3)	0.000000	-3677356.
Y(G0, U9, V4)	0.000000	-1965967.
Y(G0, U10, V1)	1.000000	-4564748.
Y(G0, U10, V2)	0.000000	-4549319.
Y(G0, U10, V3)	0.000000	-4312556.
Y(G0, U10, V4)	0.000000	-3423063.
Y(G0, U11, V1)	1.000000	-4970612.
Y(G0, U11, V2)	0.000000	-4969570.
Y(G0, U11, V3)	0.000000	-4953584.
Y(G0, U11, V4)	0.000000	-4893526.
Y(G0, U12, V1)	1.000000	-4894650.

Y(G0, U12, V2)	0.000000	-4890916.
Y(G0, U12, V3)	0.000000	-4833609.
Y(G0, U12, V4)	0.000000	-4618313.
Y(G0, U13, V1)	1.000000	-4957260.
Y(G0, U13, V2)	0.000000	-4955745.
Y(G0, U13, V3)	0.000000	-4932496.
Y(G0, U13, V4)	0.000000	-4845151.
Y(G0, U14, V1)	1.000000	-4834045.
Y(G0, U14, V2)	0.000000	-4828163.
Y(G0, U14, V3)	0.000000	-4737889.
Y(G0, U14, V4)	0.000000	-4398739.
Y(G0, U15, V1)	1.000000	-4558781.
Y(G0, U15, V2)	0.000000	-4543141.
Y(G0, U15, V3)	0.000000	-4303132.
Y(G0, U15, V4)	0.000000	-3401444.
Y(G0, U16, V1)	1.000000	-4395851.
Y(G0, U16, V2)	0.000000	-4374437.
Y(G0, U16, V3)	0.000000	-4045799.
Y(G0, U16, V4)	0.000000	-2811146.
Y(G0, U17, V1)	1.000000	-4311863.
Y(G0, U17, V2)	0.000000	-4287471.
Y(G0, U17, V3)	0.000000	-3913147.
Y(G0, U17, V4)	0.000000	-2506853.
Y(G0, U18, V1)	1.000000	-4357778.
Y(G0, U18, V2)	0.000000	-4329836.
Y(G0, U18, V3)	0.000000	-3977768.
Y(G0, U18, V4)	0.000000	-2655087.
Y(G0, U19, V1)	1.000000	-3880040.
Y(G0, U19, V2)	0.000000	-3840341.
Y(G0, U19, V3)	0.000000	-3231120.
Y(G0, U19, V4)	0.000000	-942340.4
Y(G0, U20, V1)	1.000000	-3468569.
Y(G0, U20, V2)	0.000000	-3423146.
Y(G0, U20, V3)	0.000000	-2726089.
Y(G0, U20, V4)	0.000000	-107322.2
Y(G0, U21, V1)	1.000000	-3452685.
Y(G0, U21, V2)	0.000000	-3406699.
Y(G0, U21, V3)	0.000000	-2701002.
Y(G0, U21, V4)	0.000000	-49773.87
Y(G0, U22, V1)	1.000000	-3056769.
Y(G0, U22, V2)	0.000000	-2987889.
Y(G0, U22, V3)	0.000000	-1930835.
Y(G0, U22, V4)	0.000000	2040403.
Y(G0, U23, V1)	1.000000	-4019562.
Y(G0, U23, V2)	0.000000	-3984809.
Y(G0, U23, V3)	0.000000	-3451483.
Y(G0, U23, V4)	0.000000	-1447835.
Y(G0, U24, V1)	1.000000	-4012297.
Y(G0, U24, V2)	0.000000	-3977286.
Y(G0, U24, V3)	0.000000	-3440008.
Y(G0, U24, V4)	0.000000	-1421512.
Y(G0, U25, V1)	1.000000	-3836683.
Y(G0, U25, V2)	0.000000	-3795448.
Y(G0, U25, V3)	0.000000	-3162641.
Y(G0, U25, V4)	0.000000	-785256.5
Y(G0, U26, V1)	1.000000	-3578856.
Y(G0, U26, V2)	0.000000	-3528482.
Y(G0, U26, V3)	0.000000	-2755426.
Y(G0, U26, V4)	0.000000	148861.1
Y(G0, U27, V1)	1.000000	-3438974.
Y(G0, U27, V2)	0.000000	-3383641.
Y(G0, U27, V3)	0.000000	-2534494.
Y(G0, U27, V4)	0.000000	655659.2
Y(G0, U28, V1)	1.000000	-2211195.
Y(G0, U28, V2)	0.000000	-2112341.
Y(G0, U28, V3)	0.000000	-595322.6
Y(G0, U28, V4)	0.000000	5103954.
Y(G0, U29, V1)	1.000000	-2935355.

Y(G0, U29, V2)	0.000000	-2862171.
Y(G0, U29, V3)	0.000000	-1739071.
Y(G0, U29, V4)	0.000000	2480292.
Y(G0, U30, V1)	1.000000	-2963193.
Y(G0, U30, V2)	0.000000	-2890995.
Y(G0, U30, V3)	0.000000	-1783038.
Y(G0, U30, V4)	0.000000	2379435.
Y(G0, U31, V1)	1.000000	-2688147.
Y(G0, U31, V2)	0.000000	-2606200.
Y(G0, U31, V3)	0.000000	-1348628.
Y(G0, U31, V4)	0.000000	3375936.
Y(G0, U32, V1)	1.000000	-2377177.
Y(G0, U32, V2)	0.000000	-2285636.
Y(G0, U32, V3)	0.000000	-880840.0
Y(G0, U32, V4)	0.000000	4396827.
Y(G0, U33, V1)	1.000000	-1786827.
Y(G0, U33, V2)	0.000000	-1672932.
Y(G0, U33, V3)	0.000000	74928.90
Y(G0, U33, V4)	0.000000	6641453.
Y(G0, U34, V1)	1.000000	-2238847.
Y(G0, U34, V2)	0.000000	-2140974.
Y(G0, U34, V3)	0.000000	-638397.2
Y(G0, U34, V4)	0.000000	5003768.
Y(G0, U35, V1)	1.000000	-1247271.
Y(G0, U35, V2)	0.000000	-1138611.
Y(G0, U35, V3)	0.000000	452164.2
Y(G0, U35, V4)	0.000000	6428537.
Y(G0, U36, V1)	1.000000	562718.0
Y(G0, U36, V2)	0.000000	759896.9
Y(G0, U36, V3)	0.000000	3785833.
Y(G0, U36, V4)	0.000000	0.1515395E+08
Y(G0, U37, V1)	1.000000	-1202661.
Y(G0, U37, V2)	0.000000	-1097598.
Y(G0, U37, V3)	0.000000	514724.0
Y(G0, U37, V4)	0.000000	6572044.

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ_COST	0.5598071E+08	-1.000000
2	-0.6984919E-08	-1.000000
3	0.000000	-2206354.
4	0.000000	-1712974.
5	0.000000	-1322412.

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 7

Program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan model I*

```

MODEL:
TITLE "DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TERPUSAT)";
!Biaya operasional gudang utama diabaikan;

SETS:
GUDANG/ G0 /:JML_KIRIM;
KONSUMEN/U1..U37//;
KENDARAAN/ V1,V2,V3,V4 /:KAP_KENDARAAN,KONST_KENDARAAN;
DEMAND_KONSUMEN(KONSUMEN):PERMINTAAN_KONSUMEN;
JARAK1(GUDANG,KONSUMEN):JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN;
BIAYA_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI;
JUMLAH_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN):VOL_BA,FR,FREKW,BYKNYA_PENGIRIMAN;
VAR_KEPUTUSAN(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):Y;
ENDSETS

DATA:
M=1000;
CAPGT=40000;
ALPHA=5000;
KONST_KENDARAAN= 1.467, 2.317, 5.315, 9113;
KAP_KENDARAAN= 4000, 8000, 1000, 8000;
!Data yang dipakai disimpan di dalam program Excel yang dapat diimpor
dari E:\DATA SITTA\tesis distribusi\drafttesis\data_terpusat2.xls;
JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN,PERMINTAAN_KONSUMEN=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_terpusat2.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN','PERMINTAAN_KONSU
MEN');
ENDDATA

!FUNGSI OBJEKTIF;
[OBJ_COST] MIN=SHIPCOST+ALPHA*JUMLAH_SISA;
SHIPCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K):Y(I,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K));
JUMLAH_SISA=@SUM(GUDANG(I):CAPGT-JML_KIRIM(I));

!VARIABEL KEPUTUSAN;
!Variabel Y adalah variabel biner;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN:@BIN(Y));

!KENDALA;
!(1);
!Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):PERMINTAAN_KONSUMEN(J)=FR(I,J)*M);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):FREKW(I,J)=@IF(FR(I,J)#EQ#@FLOOR(FR(I,J)),FR(I,J),@FLOOR(FR(I,J))+1));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)=@IF(FREKW(I,J)#GT#2,FREKW(I,J),2));

!(2);
!Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan bahan ajar;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)*VOL_BA(I,J)=PERMINTAAN_KONSUMEN(J));

!(3);
!Setiap konsumen dapat dilayani dengan kendaraan tipe k;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J)<=KAP_KENDARAAN(K));

!(4);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan tipe k;
@FOR(GUDANG(I):
@FOR(KONSUMEN(J):
@SUM(KENDARAAN(K):Y(I,J,K)=1));

!(5);

```

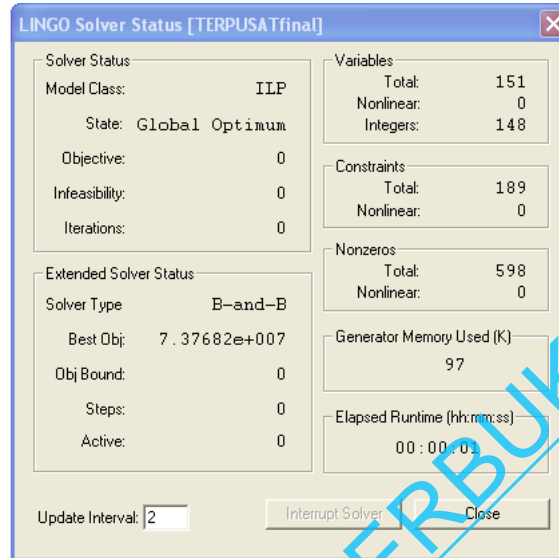
```
!Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan
seluruh konsumen yang dilayaninya;
@FOR(GUDANG(I):
    @SUM(KENDARAAN(K):
        @SUM(KONSUMEN(J):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J))=JML_KIRIM(I));
!(6);
!Hubungan antara biaya transportasi dan jarak;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K)|K#LE#3:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GU
DANG_KE_KONSUMEN(I,J)*VOL_BA(I,J));

@FOR(VAR_KEPUTUSAN(I,J,K)|K#EQ#4:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GU
DANG_KE_KONSUMEN(I,J));
```

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 8

Output program *Lingo 8.0* untuk menyelesaikan model I*



Global optimal solution found at iteration: 0
Objective value: 0.7376816E+08

Model Title: DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TERPUSAT)

Variable	Value	Reduced Cost
M	1000.000	0.000000
CAPCT	40000.00	0.000000
ALPHA	5000.000	0.000000
SHIPCOST	0.5598071E+08	0.000000
JUMLAH_SISA	3557.490	0.000000
JML_KURIM(G0)	36442.51	0.000000
KAP_KENDARAAN(V1)	4000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V2)	8000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V3)	1000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V4)	8000.000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V1)	1.467000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V2)	2.317000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V3)	5.315000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V4)	9113.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U1)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U2)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U3)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U4)	5500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U5)	28050.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U6)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U7)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U8)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U9)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U10)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U11)	8000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U12)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U13)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U14)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U15)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U16)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U17)	2000.000	0.000000

Lampiran 9

Program Lingo 8.0 untuk menyelesaikan model II*

```

MODEL:
TITLE "DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TIDAK TERPUSAT ALTERNATIF 1)";

!Note: Diasumsikan stok bahan ajar di gudang terpilih sama dengan nol;
!Biaya operasional gudang utama diabaikan;

SETS:
GUDANG_UTAMA/ G0 /:VAR,JML_KIRIMO;
GUDANG/G1..G37/:JML_KIRIM;
KONSUMEN/U1..U37/:VOL_BA,VAR1,VAR2;
KENDARAAN/ V1,V2,V3,V4 /:KAP_KENDARAAN,KONST_KENDARAAN;
DEMAND_GUDANG(GUDANG):PERMINTAAN;
DEMAND_KONSUMEN(KONSUMEN):PERMINTAAN_KONSUMEN;
JARAK1(GUDANG_UTAMA,GUDANG):JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG;
JARAK2(GUDANG,KONSUMEN):JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN;
JARAK3(GUDANG_UTAMA,KONSUMEN):JARAK_GUDANGUTAMA_KE_KONSUMEN;
BIAYA_PENGIRIMAN1(GUDANG_UTAMA,GUDANG,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI1;
BIAYA_PENGIRIMAN2(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI2;
BIAYA_PENGIRIMAN3(GUDANG_UTAMA,KONSUMEN,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI3;
JUMLAH_PENGIRIMAN1(GUDANG_UTAMA,KONSUMEN):FREKW1,BYKNYA_PENGIRIMAN;
JUMLAH_PENGIRIMAN2(GUDANG,KONSUMEN):FR2,FREKW2,BYKNYA_PENGIRIMAN2;
VAR_KEPUTUSAN1(GUDANG_UTAMA,GUDANG,KENDARAAN):Y1;
VAR_KEPUTUSAN2(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):Y2;
VAR_KEPUTUSAN3(GUDANG_UTAMA,KONSUMEN,KENDARAAN):Y3;
VAR_KEPUTUSAN4(GUDANG):X;
ENDSETS

DATA:
M=1000;
CAPGT=4000;
CAPGTO=40000;
ALPHA=5000;
FIXCOST= 7000000;
FCOST=1000000;
KONST_KENDARAAN= 1.467, 2.317, 5.315, 9113;
KAP_KENDARAAN= 4000, 8000, 1000, 8000;
!Data yang dipakai disimpan di dalam program Excel yang dapat diimpor;
PERMINTAAN_KONSUMEN,JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG= @OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt1.xls','PERMINTAAN_KONSUMEN','JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG');
JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN= @OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt1_1.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN');
JARAK_GUDANGUTAMA_KE_KONSUMEN= @OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_terpusat2.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN');
ENDDATA

!FUNGSI OBJEKTIF;
[OBJ_COST]
MIN=SHIPGUDANG+SHIPCOST+SHIPGDG+FXCOST+FXCOSTO+ALPHA*JUMLAH_SISA1+ALPHA*JUMLAH_SISA2;
SHIPGUDANG=@SUM(VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K):Y1(G,I,K)*BIAYA_TRANSPORTASI1(G,I,K));
SHIPCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K):Y2(I,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI2(I,J,K));
SHIPGDG=@SUM(VAR_KEPUTUSAN3(G,J,K):Y3(G,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI3(G,J,K));
FXCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN4(I):FIXCOST*X(I));
FXCOSTO=@SUM(VAR_KEPUTUSAN3(G,J,K):FCOST*Y3(G,J,K));
JUMLAH_SISA1=@SUM(VAR_KEPUTUSAN4(I):X(I)*CAPGT-JML_KIRIM(I));
JUMLAH_SISA2=@SUM(GUDANG_UTAMA(G):VAR(G)*CAPGTO-JML_KIRIMO(G));

!VARIABEL KEPUTUSAN;
!Variabel Y1, Y2 dan X adalah variabel biner;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1:@BIN(Y1));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2:@BIN(Y2));

```

```

@FOR(VAR_KEPUTUSAN3:@BIN(Y3));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN4:@BIN(X));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1:@GIN(BYKNYA_PENGIRIMAN));

!KENDALA;
!(1);
!Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen;
!Pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I):PERMINTAAN(I)=CAPGT*FREKW1(G,I));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I):BYKNYA_PENGIRIMAN(G,I)<FREKW1(G,I)+1);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I):BYKNYA_PENGIRIMAN(G,I)>FREKW1(G,I));

!Pengiriman ke konsumen dari gudang terpilih;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J):PERMINTAAN_KONSUMEN(J)=FR2(I,J)*M);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J):FREKW2(I,J)=@IF(FR2(I,J)#EQ#@FLOOR(FR2(I,J)),FR2(I,J),@FLOOR(FR2(I,J))+1));

!(2);
!Frekuensi pengiriman minimal 2 kali dalam setahun;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN2(I,J)=@IF(FREKW2(I,J)#GT#2,FREKW2(I,J),2));

!(3);
!Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN2(I,J)*VOL_BA(J)=PERMINTAAN_KONSUMEN(J));

!(4);
!Setiap konsumen dapat dilayani dengan kendaraan tipe k;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K):Y1(G,I,K)*CAPGT<=KAP_KENDARAAN(K));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K):Y2(I,J,K)*VOL_BA(J)<=KAP_KENDARAAN(K));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN3(G,J,K):Y3(G,J,K)*VOL_BA(J)<=KAP_KENDARAAN(K));

!(5);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu gudang;
@FOR(GUDANG(I):
  @SUM(KENDARAAN(K):
    @SUM(KONSUMEN(J):Y2(I,J,K)*VOL_BA(J)))<=X(I)*CAPGT);

!(6);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan tipe k;
@FOR(GUDANG(I):
  @SUM(GUDANG_UTAMA(G):
    @SUM(KENDARAAN(K):Y1(G,I,K)))=X(I));
@FOR(KONSUMEN(J):
  @SUM(GUDANG(I):
    @SUM(KENDARAAN(K):Y2(I,J,K)))=VAR1(J));
@FOR(KONSUMEN(J):
  @SUM(GUDANG_UTAMA(G):
    @SUM(KENDARAAN(K):Y3(G,J,K)))=VAR2(J));
@FOR(KONSUMEN(J):VAR1(J)+VAR2(J)=1);
@FOR(GUDANG_UTAMA(G):
  @FOR(KONSUMEN(J):VAR2(J)=VAR(G));

!(7);
!Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayaninya;
@FOR(GUDANG(I):
  @SUM(KENDARAAN(K):
    @SUM(KONSUMEN(J):Y2(I,J,K)*VOL_BA(J)))=JML_KIRIM(I));
@FOR(GUDANG_UTAMA(G):
  @SUM(KENDARAAN(K):
    @SUM(KONSUMEN(J):Y3(G,J,K)*VOL_BA(J)))=JML_KIRIMO(G));
@FOR(GUDANG(I):
  @SUM(KENDARAAN(K):
    @SUM(KONSUMEN(J):Y2(I,J,K)*PERMINTAAN_KONSUMEN(J)))=PERMINTAAN(I));

```

```
!(8);  
!Hubungan antara biaya transportasi dan jarak;  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN1 (G, I, K) | K#LE#3: BIAYA_TRANSPORTASI1 (G, I, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANGUTAMA_KE_GUDANG (G, I) * CAPGT);  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN1 (G, I, K) | K#EQ#4: BIAYA_TRANSPORTASI1 (G, I, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANGUTAMA_KE_GUDANG (G, I));  
  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN2 (I, J, K) | K#LE#3: BIAYA_TRANSPORTASI2 (I, J, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANG_KE_KONSUMEN (I, J) * VOL_BA (J));  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN2 (I, J, K) | K#EQ#4: BIAYA_TRANSPORTASI2 (I, J, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANG_KE_KONSUMEN (I, J));  
  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN3 (G, J, K) | K#LE#3: BIAYA_TRANSPORTASI3 (G, J, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANG_KE_KONSUMEN (G, J) * VOL_BA (J));  
@FOR (VAR_KEPUTUSAN3 (G, J, K) | K#EQ#4: BIAYA_TRANSPORTASI3 (G, J, K) = KONST_KENDARAAN (K) * JARAK_  
GUDANG_KE_KONSUMEN (G, J));
```

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 10

Program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan model II

```

MODEL:
TITLE "DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TIDAK TERPUSAT ALTERNATIF 1)";

!Note: Diasumsikan stok bahan ajar di gudang terpilih sama dengan nol;
!Biaya operasional gudang utama diabaikan;

SETS:
GUDANG_UTAMA/ G0 /;
GUDANG/G1..G37/:JML_KIRIM;
KONSUMEN/U1..U37/;
KENDARAAN/ V1,V2,V3,V4 /:KAP_KENDARAAN,KONST_KENDARAAN;
DEMAND_GUDANG(GUDANG): PERMINTAAN;
DEMAND_KONSUMEN(KONSUMEN): PERMINTAAN_KONSUMEN;
JARAK1(GUDANG_UTAMA,GUDANG):JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG;
JARAK2(GUDANG,KONSUMEN):JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN;
BIAYA_PENGIRIMAN1(GUDANG_UTAMA,GUDANG,KENDARAAN): BIAYA_TRANSPORTASI1;
BIAYA_PENGIRIMAN2(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN): BIAYA_TRANSPORTASI2;
JUMLAH_PENGIRIMAN1(GUDANG_UTAMA,KONSUMEN):FREKW1,BYKNYA_PENGIRIMAN;
JUMLAH_PENGIRIMAN2(GUDANG,KONSUMEN):VOL_BA,FR2,FREKW2,BYKNYA_PENGIRIMAN2;
VAR_KEPUTUSAN1(GUDANG_UTAMA,GUDANG,KENDARAAN):Y1;
VAR_KEPUTUSAN2(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):Y2;
VAR_KEPUTUSAN3(GUDANG):X;
ENDSETS

DATA:
M=1000;
CAPGT=8000;
ALPHA=5000;
FIXCOST= 4000000;
KONST_KENDARAAN= 1.467, 2.317, 5.315, 9113;
KAP_KENDARAAN= 4000, 8000, 1000, 8000;
!Data yang dipakai disimpan di dalam program Excel yang dapat diimpor;
PERMINTAAN_KONSUMEN,JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt1.xls','PERMINTAAN_KONSUMEN','JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG');
JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt1_1.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN');

ENDDATA

!FUNGSI OBJEKTIF;
[OBJ_COST] MIN=SHIPGUDANG+SHIPCOST+FXCOST+ALPHA*JUMLAH_SISA;
SHIPGUDANG=@SUM(VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K):Y1(G,I,K)*BIAYA_TRANSPORTASI1(G,I,K));
SHIPCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K): Y2(I,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI2(I,J,K));
FXCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN3(I):FIXCOST*X(I));
JUMLAH_SISA=@SUM(VAR_KEPUTUSAN3(I):X(I)*CAPGT-JML_KIRIM(I));

!VARIABEL KEPUTUSAN;
!Variabel Y1, Y2 dan X adalah variabel biner;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1:@BIN(Y1));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2:@BIN(Y2));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN3:@BIN(X));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1:@GIN(BYKNYA_PENGIRIMAN));

!KENDALA;
!(1);
!Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen;
!Pengiriman dari gudang utama ke gudang terpilih;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I): PERMINTAAN(I)=CAPGT*FREKW1(G,I));
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I): BYKNYA_PENGIRIMAN(G,I)<FREKW1(G,I)+1);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN1(G,I): BYKNYA_PENGIRIMAN(G,I)>=FREKW1(G,I));

```

```

!Pengiriman ke konsumen dari gudang terpilih;
@FOR (JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J): PERMINTAAN_KONSUMEN(J)=FR2(I,J)*M);
@FOR (JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J): FREKW2(I,J)=@IF(FR2(I,J)#EQ#@FLOOR(FR2(I,J)),FR2(I,J),@FLOOR(FR2(I,J))+1));

!(2);
!Frekuensi pengiriman minimal 2 kali dalam setahun;
@FOR (JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J): BYKNYA_PENGIRIMAN2(I,J)=@IF(FREKW2(I,J)#GT#2,FREKW2(I,J),2));

!(3);
!Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan;
@FOR (JUMLAH_PENGIRIMAN2(I,J): BYKNYA_PENGIRIMAN2(I,J)*VOL_BA(I,J)=PERMINTAAN_KONSUMEN(J));

!(4);
!Setiap konsumen dapat dilayani dengan kendaraan tipe k;
@FOR (VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K): Y1(G,I,K)*CAPGT<=KAP_KENDARAAN(K));
@FOR (VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K): Y2(I,J,K)*VOL_BA(I,J)<=KAP_KENDARAAN(K));

!(5);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu gudang;
@FOR (GUDANG(I):
  @SUM (KENDARAAN(K):
    @SUM (KONSUMEN(J): Y2(I,J,K)*VOL_BA(I,J))<=X(I)*CAPGT);

!(6);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan tipe k;
@FOR (GUDANG(I):
  @SUM (GUDANG_UTAMA(G):
    @SUM (KENDARAAN(K): Y1(G,I,K))=X(I));
@FOR (KONSUMEN(J):
  @SUM (GUDANG(I):
    @SUM (KENDARAAN(K): Y2(I,J,K))=1);

!(7);
!Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan seluruh konsumen yang dilayaninya;
@FOR (GUDANG(I):
  @SUM (KENDARAAN(K):
    @SUM (KONSUMEN(J): Y2(I,J,K)*VOL_BA(I,J))=JML_KIRIM(I));
@FOR (GUDANG(I):
  @SUM (KENDARAAN(K):
    @SUM (KONSUMEN(J): Y2(I,J,K)*PERMINTAAN_KONSUMEN(J))=PERMINTAAN(I));

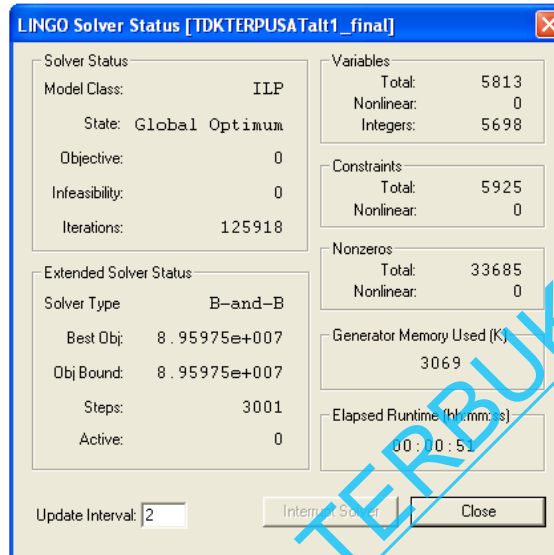
!(8);
!Hubungan antara biaya transportasi dan jarak;
@FOR (VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K) | K#LE#3: BIAYA_TRANSPORTASI1(G,I,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG(G,I)*CAPGT);
@FOR (VAR_KEPUTUSAN1(G,I,K) | K#EQ#4: BIAYA_TRANSPORTASI1(G,I,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GUDANGUTAMA_KE_GUDANG(G,I));

@FOR (VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K) | K#LE#3: BIAYA_TRANSPORTASI2(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN(I,J)*VOL_BA(I,J));
@FOR (VAR_KEPUTUSAN2(I,J,K) | K#EQ#4: BIAYA_TRANSPORTASI2(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN(I,J));

```

Lampiran 11

Output program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan model II dengan kapasitas gudang terpilih 8000 kilogram



Global optimal solution found at iteration: 125918
Objective value: 0.8959749E+08

Model Title: DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TIDAK TERPUSAT AL

Variable	Value	Reduced Cost
M	1000.000	0.000000
CAPGT	8000.000	0.000000
ALPHA	5000.000	0.000000
FIXCOST	4000000.	0.000000
SHIPGUDANG	0.2133004E+08	0.000000
SHIPCOST	0.3048000E+08	0.000000
FXCOST	0.2000000E+08	0.000000
JUMLAH_SISA	3557.490	0.000000
JML_KIRIM(G1)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G2)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G3)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G4)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G5)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G6)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G7)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G8)	7916.667	0.000000
JML_KIRIM(G9)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G10)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G11)	7700.575	0.000000
JML_KIRIM(G12)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G13)	5000.000	0.000000
JML_KIRIM(G14)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G15)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G16)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G17)	8000.000	0.000000
JML_KIRIM(G18)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G19)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G20)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G21)	0.000000	0.000000

JML_KIRIM(G22)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G23)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G24)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G25)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G26)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G27)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G28)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G29)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G30)	7825.269	0.000000
JML_KIRIM(G31)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G32)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G33)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G34)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G35)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G36)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G37)	0.000000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V1)	4000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V2)	8000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V3)	1000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V4)	8000.000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V1)	1.467000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V2)	2.317000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V3)	5.315000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V4)	9113.000	0.000000
PERMINTAAN(G1)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G2)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G3)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G4)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G5)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G6)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G7)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G8)	33500.00	0.000000
PERMINTAAN(G9)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G10)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G11)	94550.00	0.000000
PERMINTAAN(G12)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G13)	16000.00	0.000000
PERMINTAAN(G14)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G15)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G16)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G17)	35000.00	0.000000
PERMINTAAN(G18)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G19)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G20)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G21)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G22)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G23)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G24)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G25)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G26)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G27)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G28)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G29)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G30)	212000.0	0.000000
PERMINTAAN(G31)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G32)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G33)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G34)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G35)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G36)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G37)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U1)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U2)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U3)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U4)	5500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U5)	28050.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U6)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U7)	2000.000	0.000000

PERMINTAAN_KONSUMEN(U8)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U9)	4000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U10)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U11)	8000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U12)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U13)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U14)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U15)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U16)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U17)	2000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U18)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U19)	15000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U20)	9500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U21)	9500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U22)	20000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U23)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U24)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U25)	5000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U26)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U27)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U28)	13000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U29)	70000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U30)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U31)	15000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U32)	61500.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U33)	28000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U34)	29000.00	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U35)	2500.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U36)	3000.000	0.000000
PERMINTAAN_KONSUMEN(U37)	2500.000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U1)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U2)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U3)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U4)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U5)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U6)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U7)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U8)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U9)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U10)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U11)	12.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U12)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U13)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U14)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U15)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U16)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U17)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U18)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U19)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U20)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U21)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U22)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U23)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U24)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U25)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U26)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U27)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U28)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U29)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U30)	27.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U31)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U32)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U33)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U34)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U35)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U36)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U37)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U1)	5.000000	0.000000

BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U2)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U3)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U4)	6.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U5)	29.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U6)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U7)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U8)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U9)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U10)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U11)	8.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U12)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U13)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U14)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U15)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U16)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U17)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U18)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U19)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U20)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U21)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U22)	20.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U23)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U24)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U25)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U26)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U27)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U28)	13.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U29)	70.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U30)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U31)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U32)	62.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U33)	28.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U34)	29.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U35)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U36)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN2(G1, U37)	3.000000	0.000000
Y1(G0, G8, V1)	0.000000	5092895.
Y1(G0, G8, V2)	0.000000	8043789.
Y1(G0, G8, V3)	0.000000	0.1845176E+08
Y1(G0, G8, V4)	1.000000	3954631.
Y1(G0, G11, V1)	0.000000	235104.3
Y1(G0, G11, V2)	0.000000	371326.9
Y1(G0, G11, V3)	0.000000	851792.3
Y1(G0, G11, V4)	1.000000	182558.4
Y1(G0, G13, V1)	0.000000	341920.5
Y1(G0, G13, V2)	0.000000	540033.9
Y1(G0, G13, V3)	0.000000	1238792.
Y1(G0, G13, V4)	1.000000	265501.1
Y1(G0, G17, V1)	0.000000	5505095.
Y1(G0, G17, V2)	0.000000	8694822.
Y1(G0, G17, V3)	0.000000	0.1994518E+08
Y1(G0, G17, V4)	1.000000	4274704.
Y1(G0, G30, V1)	0.000000	0.1629446E+08
Y1(G0, G30, V2)	0.000000	0.2573569E+08
Y1(G0, G30, V3)	0.000000	0.5903548E+08
Y1(G0, G30, V4)	1.000000	0.1265264E+08
Y2(G8, U1, V1)	1.000000	-2922396.
Y2(G8, U1, V2)	0.000000	-1718604.
Y2(G8, U1, V3)	0.000000	2527242.
Y2(G8, U1, V4)	0.000000	7906069.
Y2(G8, U2, V1)	1.000000	-3536228.
Y2(G8, U2, V2)	0.000000	-2688099.
Y2(G8, U2, V3)	0.000000	303303.9
Y2(G8, U2, V4)	0.000000	4092946.
Y2(G8, U3, V1)	1.000000	-4324708.
Y2(G8, U3, V2)	0.000000	-3933435.
Y2(G8, U3, V3)	0.000000	-2553391.
Y2(G8, U3, V4)	0.000000	-805089.6

Y2(G8, U4, V1)	1.000000	-3859018.
Y2(G8, U4, V2)	0.000000	-3439340.
Y2(G8, U4, V3)	0.000000	-1959109.
Y2(G8, U4, V4)	0.000000	325152.7
Y2(G8, U6, V1)	1.000000	-4216603.
Y2(G8, U6, V2)	0.000000	-3762692.
Y2(G8, U6, V3)	0.000000	-2161720.
Y2(G8, U6, V4)	0.000000	-133538.4
Y2(G8, U7, V1)	1.000000	-4638762.
Y2(G8, U7, V2)	0.000000	-4429455.
Y2(G8, U7, V3)	0.000000	-3691219.
Y2(G8, U7, V4)	0.000000	-2755988.
Y2(G8, U8, V1)	1.000000	-5000000.
Y2(G8, U8, V2)	0.000000	-5000000.
Y2(G8, U8, V3)	0.000000	-4999999.
Y2(G8, U8, V4)	0.000000	-4999999.
Y2(G8, U9, V1)	1.000000	-4599705.
Y2(G8, U9, V2)	0.000000	-4367768.
Y2(G8, U9, V3)	0.000000	-3549714.
Y2(G8, U9, V4)	0.000000	-2513366.
Y2(G11, U5, V1)	1.000000	-4185633.
Y2(G11, U5, V2)	0.000000	-3803681.
Y2(G11, U5, V3)	0.000000	-2479150.
Y2(G11, U5, V4)	0.000000	-657968.5
Y2(G11, U10, V1)	1.000000	-4539051.
Y2(G11, U10, V2)	0.000000	-4303559.
Y2(G11, U10, V3)	0.000000	-3402423.
Y2(G11, U10, V4)	0.000000	-2260824.
Y2(G11, U11, V1)	1.000000	-5000000.
Y2(G11, U11, V2)	0.000000	-5000000.
Y2(G11, U11, V3)	0.000000	-5000000.
Y2(G11, U11, V4)	0.000000	-5000000.
Y2(G11, U19, V1)	1.000000	-3908825.
Y2(G11, U19, V2)	0.000000	-3276583.
Y2(G11, U19, V3)	0.000000	-1046628.
Y2(G11, U19, V4)	0.000000	1778378.
Y2(G11, U20, V1)	1.000000	-3493414.
Y2(G11, U20, V2)	0.000000	-2765331.
Y2(G11, U20, V3)	0.000000	-197338.5
Y2(G11, U20, V4)	0.000000	3466746.
Y2(G11, U21, V1)	1.000000	-3475245.
Y2(G11, U21, V2)	0.000000	-2736634.
Y2(G11, U21, V3)	0.000000	-131511.2
Y2(G11, U21, V4)	0.000000	3585553.
Y2(G11, U22, V1)	1.000000	-3082797.
Y2(G11, U22, V2)	0.000000	-1971943.
Y2(G11, U22, V3)	0.000000	1946104.
Y2(G11, U22, V4)	0.000000	6909660.
Y2(G11, U37, V1)	1.000000	-1221896.
Y2(G11, U37, V2)	0.000000	484344.4
Y2(G11, U37, V3)	0.000000	6502355.
Y2(G11, U37, V4)	0.000000	0.1778482E+08
Y2(G13, U12, V1)	1.000000	-4869862.
Y2(G13, U12, V2)	0.000000	-4794459.
Y2(G13, U12, V3)	0.000000	-4528506.
Y2(G13, U12, V4)	0.000000	-4191585.
Y2(G13, U13, V1)	1.000000	-5000000.
Y2(G13, U13, V2)	0.000000	-5000000.
Y2(G13, U13, V3)	0.000000	-5000000.
Y2(G13, U13, V4)	0.000000	-5000000.
Y2(G13, U14, V1)	1.000000	-4858621.
Y2(G13, U14, V2)	0.000000	-4776704.
Y2(G13, U14, V3)	0.000000	-4487778.
Y2(G13, U14, V4)	0.000000	-4121754.
Y2(G13, U15, V1)	1.000000	-4578846.
Y2(G13, U15, V2)	0.000000	-4334824.
Y2(G13, U15, V3)	0.000000	-3474143.
Y2(G13, U15, V4)	0.000000	-2383794.

Y2(G13, U16, V1)	1.000000	-4406615.
Y2(G13, U16, V2)	0.000000	-4062799.
Y2(G13, U16, V3)	0.000000	-2850141.
Y2(G13, U16, V4)	0.000000	-1313891.
Y2(G17, U17, V1)	1.000000	-5000000.
Y2(G17, U17, V2)	0.000000	-5000000.
Y2(G17, U17, V3)	0.000000	-5000000.
Y2(G17, U17, V4)	0.000000	-5000000.
Y2(G17, U18, V1)	1.000000	-4920345.
Y2(G17, U18, V2)	0.000000	-4874191.
Y2(G17, U18, V3)	0.000000	-4711406.
Y2(G17, U18, V4)	0.000000	-4505182.
Y2(G17, U23, V1)	1.000000	-4687326.
Y2(G17, U23, V2)	0.000000	-4506159.
Y2(G17, U23, V3)	0.000000	-3867170.
Y2(G17, U23, V4)	0.000000	-3057671.
Y2(G17, U24, V1)	1.000000	-4699918.
Y2(G17, U24, V2)	0.000000	-4526046.
Y2(G17, U24, V3)	0.000000	-3912790.
Y2(G17, U24, V4)	0.000000	-3135891.
Y2(G17, U25, V1)	1.000000	-4523893.
Y2(G17, U25, V2)	0.000000	-4248030.
Y2(G17, U25, V3)	0.000000	-3275046.
Y2(G17, U25, V4)	0.000000	-2047426.
Y2(G17, U26, V1)	1.000000	-4266690.
Y2(G17, U26, V2)	0.000000	-3841799.
Y2(G17, U26, V3)	0.000000	-2343187.
Y2(G17, U26, V4)	0.000000	-444677.9
Y2(G17, U27, V1)	1.000000	-4125414.
Y2(G17, U27, V2)	0.000000	-3618666.
Y2(G17, U27, V3)	0.000000	-1831338.
Y2(G17, U27, V4)	0.000000	432928.2
Y2(G17, U28, V1)	1.000000	-2897980.
Y2(G17, U28, V2)	0.000000	-1680040.
Y2(G17, U28, V3)	0.000000	2615704.
Y2(G17, U28, V4)	0.000000	8057744.
Y2(G30, U29, V1)	1.000000	-4727043.
Y2(G30, U29, V2)	0.000000	-4568888.
Y2(G30, U29, V3)	0.000000	-4011065.
Y2(G30, U29, V4)	0.000000	-3304391.
Y2(G30, U30, V1)	1.000000	-5000000.
Y2(G30, U30, V2)	0.000000	-5000000.
Y2(G30, U30, V3)	0.000000	-5000000.
Y2(G30, U30, V4)	0.000000	-5000000.
Y2(G30, U31, V1)	1.000000	-4544523.
Y2(G30, U31, V2)	0.000000	-4280613.
Y2(G30, U31, V3)	0.000000	-3349787.
Y2(G30, U31, V4)	0.000000	-2170576.
Y2(G30, U32, V1)	1.000000	-4368769.
Y2(G30, U32, V2)	0.000000	-4026388.
Y2(G30, U32, V3)	0.000000	-2818792.
Y2(G30, U32, V4)	0.000000	-1259112.
Y2(G30, U33, V1)	1.000000	-3736634.
Y2(G30, U33, V2)	0.000000	-3004623.
Y2(G30, U33, V3)	0.000000	-422775.2
Y2(G30, U33, V4)	0.000000	2848024.
Y2(G30, U34, V1)	1.000000	-4132635.
Y2(G30, U34, V2)	0.000000	-3630073.
Y2(G30, U34, V3)	0.000000	-1857504.
Y2(G30, U34, V4)	0.000000	388065.9
Y2(G30, U35, V1)	1.000000	-2915541.
Y2(G30, U35, V2)	0.000000	-2190622.
Y2(G30, U35, V3)	0.000000	366210.7
Y2(G30, U35, V4)	0.000000	5159718.
Y2(G30, U36, V1)	1.000000	-1447617.
Y2(G30, U36, V2)	0.000000	610682.3
Y2(G30, U36, V3)	0.000000	7870426.
Y2(G30, U36, V4)	0.000000	0.1706739E+08

X(G1)	0.000000	0.4400000E+08
X(G2)	0.000000	0.4400000E+08
X(G3)	0.000000	0.4400000E+08
X(G4)	0.000000	0.4400000E+08
X(G5)	0.000000	0.4400000E+08
X(G6)	0.000000	0.4400000E+08
X(G7)	0.000000	0.4400000E+08
X(G8)	1.000000	0.4400000E+08
X(G9)	0.000000	0.4400000E+08
X(G10)	0.000000	0.4400000E+08
X(G11)	1.000000	0.4400000E+08
X(G12)	0.000000	0.4400000E+08
X(G13)	1.000000	0.4400000E+08
X(G14)	0.000000	0.4400000E+08
X(G15)	0.000000	0.4400000E+08
X(G16)	0.000000	0.4400000E+08
X(G17)	1.000000	0.4400000E+08
X(G18)	0.000000	0.4400000E+08
X(G19)	0.000000	0.4400000E+08
X(G20)	0.000000	0.4400000E+08
X(G21)	0.000000	0.4400000E+08
X(G22)	0.000000	0.4400000E+08
X(G23)	0.000000	0.4400000E+08
X(G24)	0.000000	0.4400000E+08
X(G25)	0.000000	0.4400000E+08
X(G26)	0.000000	0.4400000E+08
X(G27)	0.000000	0.4400000E+08
X(G28)	0.000000	0.4400000E+08
X(G29)	0.000000	0.4400000E+08
X(G30)	1.000000	0.4400000E+08
X(G31)	0.000000	0.4400000E+08
X(G32)	0.000000	0.4400000E+08
X(G33)	0.000000	0.4400000E+08
X(G34)	0.000000	0.4400000E+08
X(G35)	0.000000	0.4400000E+08
X(G36)	0.000000	0.4400000E+08
X(G37)	0.000000	0.4400000E+08

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ_COST	0.8959749E+08	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	-0.3259629E-08	-1.000000
4	0.000000	-1.000000
5	0.000000	-5000.000

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 12

Program *Lingo* 8.0 untuk menyelesaikan model III

```

MODEL:
TITLE "DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TIDAK TERPUSAT ALTERNATIF 2)";

!Note: Diasumsikan persediaan gudang selalu penuh setiap ada permintaan;
!Biaya operasional gudang utama diabaikan;

SETS:
GUDANG/G0,G1..G37/:CAPGT,PERMINTAAN,FREKW1,BYKNYA_PENGIRIMAN1,JML_KIRIM;
KONSUMEN/U1..U37//;
KENDARAAN/ V1,V2,V3,V4 /:KAP_KENDARAAN,KONST_KENDARAAN;
DEMAND_KONSUMEN(KONSUMEN):PERMINTAAN_KONSUMEN;
JARAK(GUDANG,KONSUMEN):JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN;
BIAYA_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):BIAYA_TRANSPORTASI;
JUMLAH_PENGIRIMAN(GUDANG,KONSUMEN):FR,FREKW,BYKNYA_PENGIRIMAN,VOL_BA;
VAR_KEPUTUSAN1(GUDANG,KONSUMEN,KENDARAAN):Y;
VAR_KEPUTUSAN2(GUDANG):X;
ENDSETS

DATA:
M=1000;
ALPHA=5000;
FIXCOST= 4000000;
KONST_KENDARAAN= 1.467, 2.317, 5.315, 9113;
KAP_KENDARAAN= 4000, 8000, 1000, 8000;
!Data yang dipakai disimpan di dalam program Excel yang dapat diimpor
dari E:\DATA SITTA\tesis distribusi\drafttesis\data_terpusat1.xls;
PERMINTAAN_KONSUMEN,CAPGT=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt2.xls','PERMINTAAN_KONSUMEN','CAPGT');
JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN=@OLE('E:\DATA SITTA\tesis
distribusi\drafttesis\data_tdkterpusat_alt2_1.xls','JARAK_GUDANG_KE_KONSUMEN');

ENDDATA

!FUNGSI OBJEKTIF;
[OBJ_COST] MIN=SHIPCOST+FXCOST+ALPHA*JUMLAH_SISA;
SHIPCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN1(I,J,K):Y(I,J,K)*BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K));
FXCOST=@SUM(VAR_KEPUTUSAN2(I)|I#GT#1:FIXCOST*X(I));
JUMLAH_SISA=@SUM(VAR_KEPUTUSAN2(I):X(I)*CAPGT(I)-JML_KIRIM(I));

!VARIABEL KEPUTUSAN;
!Variabel Y dan X adalah variabel biner;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1:@BIN(Y));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2:@BIN(X));
@FOR(GUDANG:@GIN(BYKNYA_PENGIRIMAN1));

!KENDALA;
!(1);
!Satu kali pengiriman bahan ajar tidak lebih dari permintaan konsumen;
!Pengiriman ke konsumen dari gudang terpilih;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):PERMINTAAN_KONSUMEN(J)=FR(I,J)*M);
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):FREKW(I,J)=@IF(FR(I,J)#EQ#@FLOOR(FR(I,J)),FR(I,J),@FLOOR(FR(I,J))+1));

!Persediaan bahan ajar sebanyak kapasitas gudang;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2(I):PERMINTAAN(I)=CAPGT(I)*FREKW1(I));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2(I):BYKNYA_PENGIRIMAN1(I)<FREKW1(I)+1);
@FOR(VAR_KEPUTUSAN2(I):BYKNYA_PENGIRIMAN1(I)>=FREKW1(I));

!(2);
!Frekuensi pengiriman minimal 2 kali dalam setahun;
@FOR(JUMLAH_PENGIRIMAN(I,J):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)=@IF(FREKW(I,J)#GT#2,FREKW(I,J),2));

```

```
!(3);
!Jumlah bahan ajar yang disuplai sama dengan jumlah permintaan;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1(I,J,K):BYKNYA_PENGIRIMAN(I,J)*VOL_BA(I,J)=PERMINTAAN_KONSUMEN(J));

!(4);
!Setiap konsumen dapat dilayani dengan kendaraan tipe k;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1(I,J,K):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J)<=KAP_KENDARAAN(K));

!(5);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu gudang;
@FOR(GUDANG(I):
    @SUM(KENDARAAN(K):
        @SUM(KONSUMEN(J):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J)))<=X(I)*CAPGT(I));

!(6);
!Setiap konsumen hanya disuplai oleh satu kendaraan tipe k;
@FOR(KONSUMEN(J):
    @SUM(GUDANG(I):
        @SUM(KENDARAAN(K):Y(I,J,K)))=1);

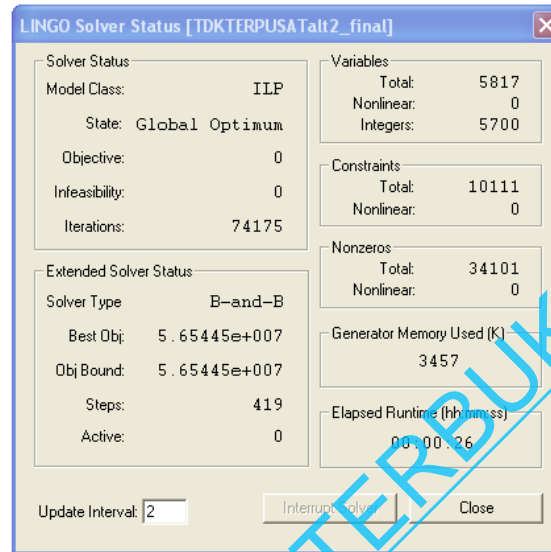
!(7);
!Jumlah bahan ajar yang dikirim oleh gudang terpilih sama dengan jumlah permintaan
seluruh konsumen yang dilayaninya;
@FOR(GUDANG(I):
    @SUM(KENDARAAN(K):
        @SUM(KONSUMEN(J):Y(I,J,K)*VOL_BA(I,J)))=JML_KIRIM(I));
!Material balance;
@FOR(GUDANG(I):
    @SUM(KENDARAAN(K):
        @SUM(KONSUMEN(J):Y(I,J,K)*PERMINTAAN_KONSUMEN(J)))=PERMINTAAN(I));

!(8);
!Hubungan antara biaya transportasi dan jarak;
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1(I,J,K)|K#LE#3:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_G
UDANG_KE_KONSUMEN(I,J)*VOL_BA(I,J));
@FOR(VAR_KEPUTUSAN1(I,J,K)|K#EQ#4:BIAYA_TRANSPORTASI(I,J,K)=KONST_KENDARAAN(K)*JARAK_G
UDANG_KE_KONSUMEN(I,J));
```

UNIVERSITAS TERBUKA

Lampiran 13

Output program *Lingo 8.0* untuk menyelesaikan model III dengan kapasitas gudang 8000 kilogram



Global optimal solution found at iteration: 74175
Objective value: 0.5654454E+08

Model Title: DISTRIBUSI BAHAN AJAR UNIVERSITAS TERBUKA (TIDAK TERPUSAT AL

Variakle	Value	Reduced Cost
M	1000.000	0.000000
ALPHA	5000.000	0.000000
FIXCOST	4000000.	0.000000
SHIPCOST	0.1875709E+08	0.000000
FXCOST	0.2000000E+08	0.000000
TUMLAH_SISA	3557.490	0.000000
CAPGT(G0)	40000.00	0.000000
CAPGT(G1)	8000.000	0.000000
CAPGT(G2)	8000.000	0.000000
CAPGT(G3)	8000.000	0.000000
CAPGT(G4)	8000.000	0.000000
CAPGT(G5)	8000.000	0.000000
CAPGT(G6)	8000.000	0.000000
CAPGT(G7)	8000.000	0.000000
CAPGT(G8)	8000.000	0.000000
CAPGT(G9)	8000.000	0.000000
CAPGT(G10)	8000.000	0.000000
CAPGT(G11)	8000.000	0.000000
CAPGT(G12)	8000.000	0.000000
CAPGT(G13)	8000.000	0.000000
CAPGT(G14)	8000.000	0.000000
CAPGT(G15)	8000.000	0.000000
CAPGT(G16)	8000.000	0.000000
CAPGT(G17)	8000.000	0.000000
CAPGT(G18)	8000.000	0.000000
CAPGT(G19)	8000.000	0.000000
CAPGT(G20)	8000.000	0.000000
CAPGT(G21)	8000.000	0.000000
CAPGT(G22)	8000.000	0.000000

CAPGT(G23)	8000.000	0.000000
CAPGT(G24)	8000.000	0.000000
CAPGT(G25)	8000.000	0.000000
CAPGT(G26)	8000.000	0.000000
CAPGT(G27)	8000.000	0.000000
CAPGT(G28)	8000.000	0.000000
CAPGT(G29)	8000.000	0.000000
CAPGT(G30)	8000.000	0.000000
CAPGT(G31)	8000.000	0.000000
CAPGT(G32)	8000.000	0.000000
CAPGT(G33)	8000.000	0.000000
CAPGT(G34)	8000.000	0.000000
CAPGT(G35)	8000.000	0.000000
CAPGT(G36)	8000.000	0.000000
CAPGT(G37)	8000.000	0.000000
PERMINTAAN(G0)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G1)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G2)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G3)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G4)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G5)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G6)	33500.00	0.000000
PERMINTAAN(G7)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G8)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G9)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G10)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G11)	64050.00	0.000000
PERMINTAAN(G12)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G13)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G14)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G15)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G16)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G17)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G18)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G19)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G20)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G21)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G22)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G23)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G24)	27000.00	0.000000
PERMINTAAN(G25)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G26)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G27)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G28)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G29)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G30)	201500.0	0.000000
PERMINTAAN(G31)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G32)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G33)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G34)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G35)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G36)	0.000000	0.000000
PERMINTAAN(G37)	65000.00	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G0)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G1)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G2)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G3)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G4)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G5)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G6)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G7)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G8)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G9)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G10)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G11)	9.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G12)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G13)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G14)	1.000000	0.000000

BYKNYA_PENGIRIMAN1(G15)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G16)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G17)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G18)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G19)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G20)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G21)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G22)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G23)	1.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G24)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G25)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G26)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G27)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G28)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G29)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G30)	26.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G31)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G32)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G33)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G34)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G35)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G36)	0.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN1(G37)	9.000000	0.000000
JML_KIRIM(G0)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G1)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G2)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G3)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G4)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G5)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G6)	7916.667	0.000000
JML_KIRIM(G7)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G8)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G9)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G10)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G11)	7967.241	0.000000
JML_KIRIM(G12)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G13)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G14)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G15)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G16)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G17)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G18)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G19)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G20)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G21)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G22)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G23)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G24)	8000.000	0.000000
JML_KIRIM(G25)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G26)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G27)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G28)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G29)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G30)	7891.935	0.000000
JML_KIRIM(G31)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G32)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G33)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G34)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G35)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G36)	0.000000	0.000000
JML_KIRIM(G37)	4666.667	0.000000
KAP_KENDARAAN(V1)	4000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V2)	8000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V3)	8000.000	0.000000
KAP_KENDARAAN(V4)	1000.000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V1)	1.467000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V2)	1.519000	0.000000
KONST_KENDARAAN(V3)	2.317000	0.000000

KONST_KENDARAAN(V4)	5.315000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U1)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U2)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U3)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U4)	6.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U5)	29.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U6)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U7)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U8)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U9)	4.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U10)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U11)	8.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U12)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U13)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U14)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U15)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U16)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U17)	2.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U18)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U19)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U20)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U21)	10.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U22)	20.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U23)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U24)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U25)	5.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U26)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U27)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U28)	13.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U29)	70.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U30)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U31)	15.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U32)	62.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U33)	28.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U34)	29.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U35)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U36)	3.000000	0.000000
BYKNYA_PENGIRIMAN(G0, U37)	3.000000	0.000000
VOL_BA(G0, U1)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U2)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U3)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U4)	916.6667	0.000000
VOL_BA(G0, U5)	967.2414	0.000000
VOL_BA(G0, U6)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U7)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U8)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U9)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U10)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U11)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U12)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U13)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U14)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U15)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U16)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U17)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U18)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U19)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U20)	950.0000	0.000000
VOL_BA(G0, U21)	950.0000	0.000000
VOL_BA(G0, U22)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U23)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U24)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U25)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U26)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U27)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U28)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U29)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U30)	1000.000	0.000000

VOL_BA(G0, U31)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U32)	991.9355	0.000000
VOL_BA(G0, U33)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U34)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U35)	833.3333	0.000000
VOL_BA(G0, U36)	1000.000	0.000000
VOL_BA(G0, U37)	833.3333	0.000000
Y(G6, U1, V1)	1.000000	-3701048.
Y(G6, U1, V2)	0.000000	-3655005.
Y(G6, U1, V3)	0.000000	-2948418.
Y(G6, U1, V4)	0.000000	-293845.3
Y(G6, U2, V1)	1.000000	-4319625.
Y(G6, U2, V2)	0.000000	-4295508.
Y(G6, U2, V3)	0.000000	-3925406.
Y(G6, U2, V4)	0.000000	-2534973.
Y(G6, U3, V1)	1.000000	-4577204.
Y(G6, U3, V2)	0.000000	-4562217.
Y(G6, U3, V3)	0.000000	-4332230.
Y(G6, U3, V4)	0.000000	-3468192.
Y(G6, U4, V1)	1.000000	-4304575.
Y(G6, U4, V2)	0.000000	-4294694.
Y(G6, U4, V3)	0.000000	-4143059.
Y(G6, U4, V4)	0.000000	-3573381.
Y(G6, U6, V1)	1.000000	-5000000.
Y(G6, U6, V2)	0.000000	-5000000.
Y(G6, U6, V3)	0.000000	-5000000.
Y(G6, U6, V4)	0.000000	-4999999.
Y(G6, U7, V1)	1.000000	-4559958.
Y(G6, U7, V2)	0.000000	-4544360.
Y(G6, U7, V3)	0.000000	-4304991.
Y(G6, U7, V4)	0.000000	-3405709.
Y(G6, U8, V1)	1.000000	-4216603.
Y(G6, U8, V2)	0.000000	-4188834.
Y(G6, U8, V3)	0.000000	-3762692.
Y(G6, U8, V4)	0.000000	-2161720.
Y(G6, U9, V1)	1.000000	-4305253.
Y(G6, U9, V2)	0.000000	-4280627.
Y(G6, U9, V3)	0.000000	-3902707.
Y(G6, U9, V4)	0.000000	-2482904.
Y(G11, U5, V1)	1.000000	-4185633.
Y(G11, U5, V2)	0.000000	-4162572.
Y(G11, U5, V3)	0.000000	-3808681.
Y(G11, U5, V4)	0.000000	-2479150.
Y(G11, U10, V1)	1.000000	-4559051.
Y(G11, U10, V2)	0.000000	-4543421.
Y(G11, U10, V3)	0.000000	-4303559.
Y(G11, U10, V4)	0.000000	-3402423.
Y(G11, U11, V1)	1.000000	-5000000.
Y(G11, U11, V2)	0.000000	-5000000.
Y(G11, U11, V3)	0.000000	-5000000.
Y(G11, U11, V4)	0.000000	-5000000.
Y(G11, U12, V1)	1.000000	-4884149.
Y(G11, U12, V2)	0.000000	-4880043.
Y(G11, U12, V3)	0.000000	-4817024.
Y(G11, U12, V4)	0.000000	-4580268.
Y(G11, U13, V1)	1.000000	-4932084.
Y(G11, U13, V2)	0.000000	-4929677.
Y(G11, U13, V3)	0.000000	-4892732.
Y(G11, U13, V4)	0.000000	-4753937.
Y(G11, U14, V1)	1.000000	-4830801.
Y(G11, U14, V2)	0.000000	-4824803.
Y(G11, U14, V3)	0.000000	-4732765.
Y(G11, U14, V4)	0.000000	-4386985.
Y(G11, U15, V1)	1.000000	-4562720.
Y(G11, U15, V2)	0.000000	-4547220.
Y(G11, U15, V3)	0.000000	-4309354.
Y(G11, U15, V4)	0.000000	-3415717.
Y(G11, U19, V1)	1.000000	-3908825.

Y(G11, U19, V2)	0.000000	-3870146.
Y(G11, U19, V3)	0.000000	-3276583.
Y(G11, U19, V4)	0.000000	-1046628.
Y(G24, U16, V1)	1.000000	-4608110.
Y(G24, U16, V2)	0.000000	-4594219.
Y(G24, U16, V3)	0.000000	-4381044.
Y(G24, U16, V4)	0.000000	-3580167.
Y(G24, U17, V1)	1.000000	-4699918.
Y(G24, U17, V2)	0.000000	-4689281.
Y(G24, U17, V3)	0.000000	-4526046.
Y(G24, U17, V4)	0.000000	-3912790.
Y(G24, U18, V1)	1.000000	-4645452.
Y(G24, U18, V2)	0.000000	-4632884.
Y(G24, U18, V3)	0.000000	-4440022.
Y(G24, U18, V4)	0.000000	-3715457.
Y(G24, U23, V1)	1.000000	-4887772.
Y(G24, U23, V2)	0.000000	-4883794.
Y(G24, U23, V3)	0.000000	-4822746.
Y(G24, U23, V4)	0.000000	-4593395.
Y(G24, U24, V1)	1.000000	-5000000.
Y(G24, U24, V2)	0.000000	-5000000.
Y(G24, U24, V3)	0.000000	-5000000.
Y(G24, U24, V4)	0.000000	-5000000.
Y(G24, U25, V1)	1.000000	-4827927.
Y(G24, U25, V2)	0.000000	-4817686.
Y(G24, U25, V3)	0.000000	-4721909.
Y(G24, U25, V4)	0.000000	-4362082.
Y(G24, U26, V1)	1.000000	-4566559.
Y(G24, U26, V2)	0.000000	-4551195.
Y(G24, U26, V3)	0.000000	-4315418.
Y(G24, U26, V4)	0.000000	-3429627.
Y(G24, U27, V1)	1.000000	-4425369.
Y(G24, U27, V2)	0.000000	-4405001.
Y(G24, U27, V3)	0.000000	-4092420.
Y(G24, U27, V4)	0.000000	-2918090.
Y(G30, U20, V1)	1.000000	-3945644.
Y(G30, U20, V2)	0.000000	-3917132.
Y(G30, U20, V3)	0.000000	-3479589.
Y(G30, U20, V4)	0.000000	-1835786.
Y(G30, U21, V1)	1.000000	-4072433.
Y(G30, U21, V2)	0.000000	-4048416.
Y(G30, U21, V3)	0.000000	-3679841.
Y(G30, U21, V4)	0.000000	-2295148.
Y(G30, U22, V1)	1.000000	-4422297.
Y(G30, U22, V2)	0.000000	-4401820.
Y(G30, U22, V3)	0.000000	-4087569.
Y(G30, U22, V4)	0.000000	-2906960.
Y(G30, U28, V1)	1.000000	-3683590.
Y(G30, U28, V2)	0.000000	-3636928.
Y(G30, U28, V3)	0.000000	-2920845.
Y(G30, U28, V4)	0.000000	-230595.3
Y(G30, U29, V1)	1.000000	-4727043.
Y(G30, U29, V2)	0.000000	-4717367.
Y(G30, U29, V3)	0.000000	-4568888.
Y(G30, U29, V4)	0.000000	-4011065.
Y(G30, U30, V1)	1.000000	-5000000.
Y(G30, U30, V2)	0.000000	-5000000.
Y(G30, U30, V3)	0.000000	-5000000.
Y(G30, U30, V4)	0.000000	-5000000.
Y(G30, U31, V1)	1.000000	-4544523.
Y(G30, U31, V2)	0.000000	-4528378.
Y(G30, U31, V3)	0.000000	-4280613.
Y(G30, U31, V4)	0.000000	-3349787.
Y(G30, U32, V1)	1.000000	-4368769.
Y(G30, U32, V2)	0.000000	-4347823.
Y(G30, U32, V3)	0.000000	-4026388.
Y(G30, U32, V4)	0.000000	-2818792.
Y(G37, U33, V1)	1.000000	-4569360.

Y(G37, U33, V2)	0.000000	-4554095.
Y(G37, U33, V3)	0.000000	-4319841.
Y(G37, U33, V4)	0.000000	-3439772.
Y(G37, U34, V1)	1.000000	-4147467.
Y(G37, U34, V2)	0.000000	-4117248.
Y(G37, U34, V3)	0.000000	-3653497.
Y(G37, U34, V4)	0.000000	-1911238.
Y(G37, U35, V1)	1.000000	-3547561.
Y(G37, U35, V2)	0.000000	-3525616.
Y(G37, U35, V3)	0.000000	-3188843.
Y(G37, U35, V4)	0.000000	-1923622.
Y(G37, U36, V1)	1.000000	-2755468.
Y(G37, U36, V2)	0.000000	-2675907.
Y(G37, U36, V3)	0.000000	-1454955.
Y(G37, U36, V4)	0.000000	3132031.
Y(G37, U37, V1)	1.000000	-4166667.
Y(G37, U37, V2)	0.000000	-4166667.
Y(G37, U37, V3)	0.000000	-4166666.
Y(G37, U37, V4)	0.000000	-4166666.
X(G0)	0.000000	0.200000E+09
X(G1)	0.000000	0.470000E+08
X(G2)	0.000000	0.470000E+08
X(G3)	0.000000	0.470000E+08
X(G4)	0.000000	0.470000E+08
X(G5)	0.000000	0.470000E+08
X(G6)	1.000000	0.470000E+08
X(G7)	0.000000	0.470000E+08
X(G8)	0.000000	0.470000E+08
X(G9)	0.000000	0.470000E+08
X(G10)	0.000000	0.470000E+08
X(G11)	1.000000	0.470000E+08
X(G12)	0.000000	0.470000E+08
X(G13)	0.000000	0.470000E+08
X(G14)	0.000000	0.470000E+08
X(G15)	0.000000	0.470000E+08
X(G16)	0.000000	0.470000E+08
X(G17)	0.000000	0.470000E+08
X(G18)	0.000000	0.470000E+08
X(G19)	0.000000	0.470000E+08
X(G20)	0.000000	0.470000E+08
X(G21)	0.000000	0.470000E+08
X(G22)	0.000000	0.470000E+08
X(G23)	0.000000	0.470000E+08
X(G24)	1.000000	0.470000E+08
X(G25)	0.000000	0.470000E+08
X(G26)	0.000000	0.470000E+08
X(G27)	0.000000	0.470000E+08
X(G28)	0.000000	0.470000E+08
X(G29)	0.000000	0.470000E+08
X(G30)	1.000000	0.470000E+08
X(G31)	0.000000	0.470000E+08
X(G32)	0.000000	0.470000E+08
X(G33)	0.000000	0.470000E+08
X(G34)	0.000000	0.470000E+08
X(G35)	0.000000	0.470000E+08
X(G36)	0.000000	0.470000E+08
X(G37)	1.000000	0.470000E+08

Row	Slack or Surplus	Dual Price
OBJ_COST	0.5654454E+08	-1.000000
2	0.000000	-1.000000
3	0.000000	-1.000000
4	0.000000	-5000.000
5	0.000000	-26.09214

Lampiran 14

Perhitungan total biaya operasional terhadap kenaikan permintaan konsumen pada model I, model II dan model III

MODEL I frek=395 sisa = 16950	jumlah biaya pengiriman		767,339,559
	biaya penalti	sisax5000	84,750,000
		biaya distribusi	852,089,559
	biaya percetakan	408000x4000	1,632,000,000
	biaya gudang utama		204,000,000
		biaya distribusi plus	2,688,089,559

2xdemand sisa = 16900	Jumlah biaya pengiriman		1,392,213,049
	biaya penalti	sisax5000	84,500,000
		biaya distribusi	1,476,713,049
	biaya percetakan	736000x4000	2,944,000,000
	biaya gudang utama		368,000,000
		biaya distribusi plus	4,788,713,049

3xdemand sisa = 21350	jumlah biaya pengiriman		1,854,912,485
	biaya penalti	sisax5000	106,750,000
		biaya distribusi	1,961,662,485
	biaya percetakan	1000000x4000	4,000,000,000
	biaya gudang utama		500,000,000
		biaya distribusi plus	6,461,662,485

MODEL II

frek1= 51

frek2=395

sisa = 16950

jumlah biaya pengiriman		703,342,455
biaya penggudangan		204,000,000
biaya penalti	sisax5000	84,750,000
	biaya distribusi	992,092,455
biaya percetakan	408000x4000	1,632,000,000
biaya gudang utama		204,000,000
	biaya distribusi plus	2,828,092,455

2xdemand2008

sisa = 16900

jumlah biaya pengiriman		1,272,615,606
biaya penggudangan		368,000,000
biaya penalti	sisax5000	84,500,000
	biaya distribusi	1,725,115,606
biaya percetakan	736000x4000	2,944,000,000
biaya gudang utama		368,000,000
	biaya distribusi plus	5,037,115,606

3xdemand2008

sisa = 21350

jumlah biaya pengiriman		1,701,166,919
biaya penggudangan		500,000,000
biaya penalti	sisax5000	106,750,000
	biaya distribusi	2,307,916,919
biaya percetakan	1000000x4000	4,000,000,000
biaya gudang utama		500,000,000
	biaya distribusi plus	6,807,916,919

MODEL III

frek2=395

sisa = 16950

jumlah biaya pengiriman		217,722,994
biaya penggudangan		204,000,000
biaya penalti	16950x5000	84,750,000
	biaya distribusi	506,472,994
biaya percetakan	408000x5000	2,040,000,000
	biaya distribusi plus	2,546,472,994

2xdemand2008

sisa = 16900

jumlah biaya pengiriman		410,826,346
biaya penggudangan		368,000,000
biaya penalti	16900x5000	84,500,000
	biaya distribusi	863,326,346
biaya percetakan	736000x5000	3,680,000,000
	biaya distribusi plus	4,543,326,346

3xdemand2008

sisa = 21350

jumlah biaya pengiriman		572,806,028
biaya penggudangan		500,000,000
biaya penalti	21350x5000	106,750,000
	biaya distribusi	1,179,556,028
biaya percetakan	100000x5000	5,000,000,000
	biaya distribusi plus	6,179,556,029