

**PENINGKATAN EFISIENSI GUDANG DENGAN PENERAPAN
METODE *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS* (DEA) INTEGRASI
DENGAN *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)
(Studi Kasus Di PT. Tonggak Ampuh Yogyakarta)**

TUGAS AKHIR

**Diserahkan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Strata-1
Pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Disusun Oleh

**Nama : Fadrizal Novendri
NIM : 12522115**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2016**

LEMBAR PERNYATAAN

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

“Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.”

Yogyakarta, 1 September 2016

Penulis,



Fadrizal Novendri

LEMBAR PENELITIAN**TONGGAK AMPUH P.T.
UNIT III JOGJAKARTA**

JL. MAGELANG KM.15,2 Telp. (0274) 868684 Fax. (026754) 867884
e-mail : tajogja@idola.net.id
Sleman, Jogjakarta



Certificate No.: QSC 00717

SURAT KETERANGAN

No : 024/TAYG/SDM/VI/2016

Yang bertanda tangan dibawah ini :

N a m a : Gunadi The
A l a m a t : Jl. Kemuning IV / 8 A, Kupang Lor, RT 001/ RW 003
Kupang, Ambarawa , Semarang
Pekerjaan : Kepala Pabrik
Perusahaan : PT. Tonggak Ampuh
Alamat Perusahaan : Jl. Magelang KM 15,2 Sleman, Yogyakarta

Menerangkan bahwa Mahasiswa yang tersebut dibawah ini :

N a m a : Fadrizal Novendri
No. Mahasiswa : 12522115
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri
Universitas : Universitas Islam Indonesia

Benar-benar telah melakukan penelitian dan pengambilan data di PT. Tonggak Ampuh
Jl. Magelang KM 15,2 Kemloko, Caturharjo, Sleman, Yogyakarta.

Dengan judul " Penerapan metode Data Envelopment Analysis (DEA) untuk mengukur
Efisiensi gudang"

Mulai Tanggal 1 Juni 2016 sampai dengan Tanggal 30 Juni 2016.

Demikian Surat Keterangan ini dibuat supaya dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Sieman, 30 Juni 2016

PT. TONGGAK AMPUH

(Gunadi The)

Kepala Pabrik

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

iii

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PENINGKATAN EFISIENSI GUDANG DENGAN PENERAPAN METODE
*DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) INTEGRASI DENGAN ANALYTIC
HIERARCHY PROCESS (AHP)*

DI PT. TONGGAK AMPUH YOGYAKARTA

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1

Jurusan Teknik Industri – Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Disusun Oleh :

Fadrizal Novendri

NIM. 12 522 115

Yogyakarta, 10 September 2016

Mengetahui,

Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Elisa Kusriani, M.T., CPIM., CSCP.

PRODI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2016

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

iv

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PENINGKATAN EFISIENSI GUDANG DENGAN PENERAPAN METODE
DATA ENVELOPMENT ANALYSIS (DEA) INTEGRASI DENGAN *ANALYTIC
HIERARCHY PROCESS (AHP)* DI PT. TONGGAK AMPUH
YOGYAKARTA
TUGAS AKHIR

Oleh

Nama : Fadrizal Novendri

No. Mahasiswa : 12522115

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri
Yogyakarta, 2 Desember 2016

Tim Penguji

Dr. Ir. Elisa Kusrini, M.T., CPIM., CSCP.

Ketua

Hartomo, S.T., M.Sc., Ph.D.

Anggota I

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri

Universitas Islam Indonesia

★ Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji Syukur kehadiran Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, yang telah memberikanku hidayah dan membekaliku ilmu. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu tercurah buat junjungan alam baginda Muhammad SAW.

“ Kupersembahkan karya yang sederhana ini buat orang-orang yang saya kasihi dan saya sayangi, terutama buat Ibunda dan Ayahanda tercinta”.

HALAMAN MOTTO

“ Belajar dan bekerja dengan giat, serta tidak lupa bersyukur tentu akan memberikan hasil yang baik. Mungkin hasil itu tidak langsung terlihat pada saat itu juga, tetapi percayalah hasil yang baik akan datang sesuai dengan usaha yang dilakukan “

“ Hidup harus selalu dengan ilmu, beribadah juga harus dengan ilmu. Ini menunjukkan betapa pentingnya ilmu bagi kehidupan. Sampai dikatakan tuntutlah ilmu sampai ke liang lahat, jadi jangan pernah berhenti menuntut ilmu, jangan pernah merasa malu menuntut ilmu, karena ilmu itu akan menjadi penerang bagi kehidupan ”

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang mana atas limpahan rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Shalawat beriringkan salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW, berkat beliau kita dapat merasakan kehidupan yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti saat ini.

Penelitian ini berjudul **“Peningkatan Efisiensi Gudang Dengan Penerapan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Integrasi Dengan Analytic Hierarchy Process (AHP)”** disusun untuk memenuhi syarat tugas akhir yaitu skripsi sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program Strata 1 (S1) pada program studi Teknik Industri di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih penulis kepada :

1. Bapak Dr. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Yuli Agusti Rochman, ST M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Dr. Ir. Elisa Kusri MT, CPIM selaku dosen pembimbing skripsi yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penulisan skripsi ini. Beliau memberikan inspirasi bagi penulis dalam menyusun penelitian skripsi ini dengan penuh kesabaran, ketekunan, ketelitian dan cara berpikir yang berorientasi kepada logika. Sebuah keberuntungan dan kehormatan menjadi salah satu murid yang secara langsung dapat merasakan bimbingan dan tambahan wawasan. Semoga kesehatan selalu diberikan kepada ibu beserta keluarga.
4. Firdaus dan Darmawati selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan serta bimbingan kepada penulis. Untaian kata tentu tidak akan pernah cukup untuk mendeskripsikan rasa terima kasih atas kesabaran, ketulusan, kasih sayang, doa restu dan pembelajaran atas makna kehidupan yang dapat penulis rasakan selama ini. Hanya prestasi dan doa yang dapat penulis sampaikan kepada ayah dan ibu untuk membayar perjuangan selama ini guna menghantarkan penulis meraih gelar strata 1 (S1).
5. Deswita Andriani sebagai adik penulis yang terus memberikan semangat kepada penulis. Penulis bersyukur karena mempunyai adik yang selalu memberi motivasi, kehangatan, dan membantu ketika penulis berada dalam berbagai kondisi.
6. Seluruh keluarga yang telah memberikan do’a dan motivasi kepada penulis sehingga penulis diberikan kelancaran dalam penyusunan skripsi ini.
7. Ucapan spesial buat orang yang selalu membuat jengkel, marah, kesal, mengibur dan juga menyemangati saya. Terima kasih Via atas supportnya.
8. Teman-teman kontrakan Bang Ihsan, Bang Yebi, Bang Yudi, Bang Aji, Bang Ican, Bang Faisal, Bang Ucok. Terima kasih buat supportnya.

9. Sahabat-sahabat terbaikku admiral Jogja Rubi, zakia, Riezka, Tiwi, Dayat, Cindy, Nyonyo, Nobel, Fadli, Dwi, Tito, Widi, Khairul, Jamalan, Alfian dan Alfin. Terima kasih buat supportnya.
10. Teman-teman terbaikku seluruh anak Teknik Industri 2012 dan spesial buat Dimas, Hendra, Ari, Fauzal, Imel. Terima kasih atas supportnya.
11. Seluruh teman-teman Admiral yang telah memberikan support kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
12. Seluruh teman-teman KKN Ono, Doci, Wahyu, Ima, Nisa, Rike dan Eca. Terima kasih atas supportnya.

Akhirnya kepada seluruh pihak yang namanya tidak dapat disebutin satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan suntikan semangatnya. Semoga Allah SWT melimpahkan berkah, rahmat dan hidayah-Nya bagi Bapak, Ibu, saudara dan teman-teman yang telah membantu penulis dalam segala hal. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran masih diperlukan dan harap disampaikan untuk menyempurnakannya.

Yogyakarta, 1 September 2016

Fadrizal Novendri

ABSTRAK

Gudang dapat didefinisikan sebagai tempat menyimpan berbagai produk dalam kuantitas besar ataupun kecil antara waktu produk tersebut diproduksi oleh vendor sampai dengan produk tersebut diperlukan oleh konsumen atau stasiun kerja yang ada dalam rantai produksi. Apabila gudang tidak di manage dengan baik, maka akan berdampak pada proses produksi atau kepuasan terhadap pelanggan atau service konsumen. Untuk itu pada penelitian ini, akan diobservasi 5 gudang bangunan yang terdapat diobservasi yaitu gudang Tonggak Ampuh (DMU 1), gudang Material UII (DMU 2), gudang Margo Material (DMU 3), gudang Kartono (DMU 4) dan gudang Marga Jaya (DMU 5). Pada gudang ini akan diteliti apakah aktivitas-aktivitas pada gudang tersebut sudah efisien atau belum efisien. Jika terdapat DMU yang tidak efisien, maka DMU yang efisien akan menjadi acuan untuk perbaikan target DMU yang tidak efisien. Untuk menyelesaikan masalah ini metode yang paling tepat digunakan adalah metode Data Envelopment Analysis (DEA) yang merupakan salah satu alat bantu evaluasi untuk meneliti kinerja dari suatu aktifitas dalam sebuah unit entitas. Adapun yang menjadi input dalam metode DEA adalah Receipt per man-hour (unit/jam), Putaways cycle tme (unit/jam). Sedangkan yang menjadi output adalah Order picking cycle time (unit/order) dan Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam). Dalam pengolahan metode DEA akan menggunakan Software LINDO 6.1, yaitu sebuah software yang dapat digunakan untuk mencari penyelesaian dari permasalahan dalam pemrograman linier. Setelah dilakukan pengolahan DEA dengan menggunakan Software LINDO 6.1, maka didapatkan DMU yang efisien adalah DMU 1, DMU 4, dan DMU 5. Sedangkan DMU yang tidak efisien adalah DMU 2 dan DMU 3. Perbaikan target yang dilakukan pada DMU 2 adalah Receipt per man-hour (unit/jam) dari 187,5 unit/jam menjadi 137,414 unit/jam, %Location and Cube occupied (%) dari 60% menjadi 43,9647%, dan Order picking cycle time (unit/order) dari 3 unit/order menjadi 3.011122 unit/order. Sedangkan perbaikan target untuk DMU 3 adalah perbaikan target Putaways cycle tme (unit/jam) dari 2,5 unit/jam menjadi 1,061120 unit/jam dan Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam) dari 187,5 unit/jam menjadi 187,505406 unit/jam.

Kata Kunci : *Data Envelopment Analysis, DEA, Efisiensi, Pemrograman Linier, AHP*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENELITIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PADANAN KATA	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB II KAJIAN LITERATUR	8
2.1 Kajian Deduktif	8
2.1.1 Gudang dan Pergudangan	8
2.1.2 Efisiensi	11
2.1.3 <i>Linear Programming</i>	15
2.1.4 <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i>	18
2.1.5 Kelebihan dan Kekurangan DEA	28
2.1.6 <i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i>	30
2.2 Kajian Induktif	31
BAB III METODE PENELITIAN	34
3.1 Lokasi Penelitian	34
3.2 Identifikasi Masalah dan Tujuan	34
3.3 Jenis dan Sumber Data	34
3.4 Pengolahan Data	35
3.4.1 Identifikasi <i>Decision Making Unit (DMU)</i>	35
3.4.2 Identifikasi Variabel <i>Input-Output</i>	36
3.4.3 Identifikasi Model	38
3.4.4 <i>Software LINDO</i>	42
3.5 Analisis Sensitivitas	47
3.6 <i>Flowchart</i> Penelitian	47
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	50
4.1 Pengumpulan Data	50
4.1.1 Profil Gudang	50
4.1.2 Identifikasi Variabel <i>Input-Output</i>	51

4.1.3 Data Gudang	57
4.2 Pengolahan Data.....	58
4.2.1 <i>Constant Return to Scale</i> (CRS).....	58
4.2.2 <i>Constant Return to Scale</i> (CRS) <i>Dual</i>	66
4.2.3 <i>Variable Return to Scale</i> (VRS).....	73
4.2.4 <i>Scale Efficiency</i> (SE)	81
4.2.5 <i>Peer Group</i> (PG)	81
4.2.6 Perbaikan Target.....	82
4.2.7 Analisis Sensitivitas.....	89
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	94
5.1 <i>Constant Return to Scale</i> (CRS) <i>Primal</i>	94
5.1.1 <i>Technical Efficiency</i> (TE) CRS DMU 1.....	94
5.1.2 <i>Technical Efficiency</i> (TE) CRS DMU 2.....	95
5.1.3 <i>Technical Efficiency</i> (TE) CRS DMU 3.....	96
5.1.4 <i>Technical Efficiency</i> (TE) CRS DMU 4.....	96
5.1.5 <i>Technical Efficiency</i> (TE) CRS DMU 5.....	97
5.1.6 <i>Variable Return to Scale</i> (VRS) DMU	97
5.1.7 <i>Scale Efficiency</i> (SE)	97
5.1.8 <i>Peer Group</i> (PG)	98
5.1.9 Perbaikan Target.....	99
5.1.10 Analisis Sensitivitas	101
5.1.11 Solusi DMU Inefisien	102
BAB VI PENUTUP.....	104
6.1 Kesimpulan.....	104
6.2 Saran.....	105
DAFTAR PUSTAKA.....	106
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perintah di dalam <i>Software</i> LINDO	42
Tabel 4.1 Profil Gudang.....	50
Tabel 4.2 Contoh kuisioner perbandingan berpasangan	51
Tabel 4.3 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>receiving</i>	52
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan bobot kriteria <i>receiving</i>	52
Tabel 4.5 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>putaway</i>	53
Tabel 4.6 Tabel Perhitungan bobot kriteria <i>putaway</i>	53
Tabel 4.7 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>storage</i>	53
Tabel 4.8 Tabel Perhitungan bobot kriteria <i>storage</i>	54
Tabel 4.9 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>order picking</i>	54
Tabel 4.10 Tabel perhitungan bobot kriteria <i>order picking</i>	55
Tabel 4.11 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>shipping</i>	55
Tabel 4.12 Tabel Perhitungan bobot kriteria <i>shipping</i>	55
Tabel 4.13 Variabel <i>input</i> dan <i>output</i>	57
Tabel 4.14 Rekapitulasi Data Gudang	57
Tabel 4.15 <i>Input</i> dan <i>Output</i> DMU.....	58
Tabel 4.16 Nilai Efisiensi Relatif DMU CRS <i>Primal</i>	65
Tabel 4.17 Nilai bobot rata-rata pervariabel	65
Tabel 4.18 Nilai $\emptyset$, TE dan <i>Slack Variabel</i> model CRS <i>dual</i>	72
Tabel 4.19 Nilai $\emptyset$, TE dan <i>Slack Variabel</i> model VRS.....	80
Tabel 4.20 <i>Technical Efficiency</i> CRS <i>dual</i> , <i>Technical Efficiency</i> VRS, dan SE.....	81
Tabel 4.21 <i>Proximity Matrix</i>	82
Tabel 4.22 <i>Slack</i> Variabel DMU 2.....	83
Tabel 4.23 Perbaikan target DMU 2.....	84
Tabel 4.24 Persentase <i>improve</i> perbaikan target model CRS <i>dual</i> pada DMU 2.....	85
Tabel 4.25 Persentase <i>improve</i> perbaikan target model VRS pada DMU 2.....	85
Tabel 4.26 <i>Slack</i> Variabel DMU 3.....	86
Tabel 4.27 Perbaikan target DMU 3.....	87
Tabel 4.28 Persentase <i>improve</i> perbaikan target model CRS <i>dual</i> pada DMU 3.....	88
Tabel 4.29 Persentase <i>improve</i> perbaikan target model VRS pada DMU 3.....	88
Tabel 4.30 <i>Dual Price</i> dan kontribusi terhadap $\emptyset$ CRS <i>dual</i> DMU 2	89
Tabel 4.31 <i>Dual Price</i> dan kontribusi terhadap $\emptyset$ VRS <i>dual</i> DMU 2	90
Tabel 4.32 <i>Dual Price</i> dan kontribusi terhadap $\emptyset$ CRS <i>dual</i> DMU 3	91
Tabel 4.33 <i>Dual Price</i> dan kontribusi terhadap $\emptyset$ VRS <i>dual</i> DMU 3.....	92
Tabel 5.1 Target masing-masing variabel DMU 2	95
Tabel 5.2 Target masing-masing variabel DMU 3	96
Tabel 5.3 Perbaikan Target dan Solusi perbaikan DMU 2	99
Tabel 5.4 Perbaikan Target dan Solusi perbaikan DMU 3.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Aktivitas Gudang	9
Gambar 2.2 <i>Key Performance Indicator</i> Gudang	11
Gambar 2.3 Grafik awal efisiensi	14
Gambar 2.4 Grafik Peningkatan Efisiensi dari suatu kondisi tertentu	14
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	48

DAFTAR PADANAN KATA

<i>Decision Making Unit</i>	: Suatu unit yang akan diukur nilai efisiensinya
<i>Slack variabel</i>	: variabel yang berfungsi untuk menampung sisa kapasitas atau kapasitas yang tidak digunakan pada kendala yang berupa pembatas.
<i>Input oriented measure</i>	: Pengukuran berorientasi <i>input</i>
<i>Output oriented measure</i>	: Pengukuran berorientasi <i>output</i>
<i>Constant return scale (CRS)</i>	: Suatu hubungan linier antara <i>input</i> dan <i>output</i>
<i>Variable return to scale</i>	: Tidak terdapat hubungan linier antara <i>input</i> dan <i>output</i>
<i>Technical efficiency</i>	: Kemampuan sebuah unit untuk menghasilkan <i>output</i> semaksimal mungkin dari sejumlah <i>input</i> yang digunakan
<i>Scale efficiency</i>	: Indeks efisiensi yang memandang bahwa unit DMU tidak berjalan optimal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi ini, persaingan terhadap perusahaan semakin kompleks. Hal ini disebabkan oleh seiring dengan perkembangan teknologi. Setiap perusahaan berusaha meningkatkan kinerja dari perusahaan masing-masing. Dibutuhkan strategi khusus untuk meningkatkan kinerja perusahaan. Diantara strategi yang digunakan adalah memperbaiki sistem pergudangan yang ada. Hampir semua perusahaan industri memiliki gudang untuk memperlancar proses produksi dan distribusinya.

Tonggak Ampuh adalah perusahaan industri yang bergerak di bidang pembuatan tiang listrik, tiang pancang dan aneka beton. Perusahaan ini mengawali usahanya di bidang konstruksi beton sebagai jawaban atas tantangan pembangunan nasional di bidang pengembangan pembangunan Indonesia, dengan mutu dan standar yang telah ditetapkan mengacu pada Peraturan Beton Indonesia (PBI) dan persyaratan yang sesuai dengan tuntutan pelanggan khususnya memenuhi permintaan pembangunan nasional di bidang pelistrikan PLN dan menerima dalam skala besar untuk proyek-proyek pembangunan tingkat nasional antara lain : proyek APLN, IBRD, ABD, dan lain-lain. Tonggak Ampuh merupakan salah satu produsen tiang listrik dan pancang dengan sistem pratekan pertama di Indonesia, disamping itu perusahaan ini juga memproduksi bermacam-macam beton, antara lain Balok Jembatan Beton Bertulang (*Ginder*), Bantalan Kereta Api, Panel Beton Pracetak untuk dinding, lantai dan gedung, lantai *Tee Beam*, gorong-gorong dan tutup saluran. Dalam proses produksinya, peranan gudang atau *warehouse* sangatlah penting untuk proses produksi. Gudang berperan sebagai tempat penyimpanan bahan baku yang kemudian akan dikirim ke bagian produksi. Apabila bahan baku mengalami masalah atau tersendat-sendat, maka akan berpengaruh terhadap kegiatan produksi.

Gudang dan pergudangan merupakan salah satu bagian penting dari seluruh proses pabrik (John Warman, 1971). Gudang juga dapat didefinisikan sebagai tempat menyimpan berbagai produk dalam kuantitas besar ataupun kecil antara waktu produk tersebut diproduksi oleh vendor sampai dengan produk tersebut diperlukan oleh konsumen atau stasiun kerja yang ada dalam rantai produksi (Mulcahy, 1994). Departemen gudang ini dapat mempengaruhi lancar tidaknya mekanisme departemen-departemen lain di dalam suatu pabrik. Gudang memiliki tugas sebagai menerima dan menyimpan material atau bahan baku dari departemen purchasing, kemudian menyalurkan material ke bagian produksi, selanjutnya adalah menerima dan menyimpan barang jadi tersebut. Oleh sebab itu, apabila kegiatan pergudangan ini tersendat-sendat atau bermasalah maka akan berakibat pada kegiatan-kegiatan lain seperti menghambat proses pembelian, proses produksi, distribusi dan pemasaran, yang merupakan pemborosan waktu dan uang sehingga akan mempengaruhi tinggi rendahnya biaya produksi maupun harga jual barang jadi kepada *costumer*. Oleh karena itu, sistem pergudangan yang jelek akan dapat merugikan pabrik dan perusahaan.

Menurut Frazelle (2002), ada beberapa operasi atau aktivitas-aktivitas yang terdapat di dalam gudang. Diantaranya adalah *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Dari aktivitas-aktivitas tersebut, *receiving*, *put away*, dan *storage* di kategorikan kedalam proses *input* atau *inbound* yang berarti bahwa aktivitas-aktivitas tersebut fokus terhadap pada aliran material yang masuk ke gudang. Sedangkan aktivitas *order picking* dan *shipping* dikategorikan sebagai *output* atau *outbound* yang berarti bahwa aktivitas fokus terhadap aliran yang keluar dari gudang. Didalam aktivitas-aktivitas tersebut terdapat indikator-indikator yang menjelaskan ukuran kinerja dari aktivitas-aktivitas tersebut. Adapun indikator-indikator tersebut adalah *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*. Indikator-indikator ini yang dapat menjelaskan apakah gudang dikatakan efisien atau tidak.

Efisiensi merupakan salah satu parameter kinerja yang menggambarkan kinerja secara keseluruhan dari suatu organisasi. Malayu S.P Hasibuan (1994 ; 07) menyatakan bahwa perbandingan terbaik antara *input* (masukan) dan *output* (hasil), antara keuntungan dengan biaya (antara hasil pelaksanaan dengan sumber yang digunakan), seperti halnya juga hasil optimal yang dicapai dengan penggunaan sumber yang terbatas.

Kemampuan menghasilkan *output* yang maksimal dengan *input* yang ada merupakan ukuran kinerja yang diharapkan. Dengan diidentifikasikannya alokasi *input* dan *output*, dapat dianalisis lebih jauh untuk melihat penyebab ketidakefisienan (Mansyur, 2012).

Sebuah gudang dikatakan efisien apabila gudang tersebut mampu *manage* aktivitas-aktivitas yang ada digudang dengan baik. Tujuan gudang adalah dapat mengirimkan barang dengan cepat dalam jumlah yang sebanyak-banyaknya. Akan tetapi, dalam mencapai tujuan tersebut gudang memiliki kendala-kendala seperti lamanya barang masuk ke gudang, pemindahan barang yang dilakukan serta ketersediaan tempat untuk produk yang terbatas. Dalam mencapai tujuannya, gudang tidak terlepas dari target-target yang harus disesuaikan dengan kondisi masing-masing perusahaan. Walaupun bergerak dibidang yang sama, sebuah gudang di suatu perusahaan memiliki target yang berbeda.

Berbagai metode telah digunakan untuk mencapai hasil dan kondisi gudang yang lebih baik. Untuk mencapai kondisi tersebut, pemilik perusahaan harus menganalisa gudangnya sendiri setelah itu mengenal kondisi gudang perusahaan pesaing yang bergerak di bidang yang sama. *Benchmarking* adalah proses membandingkan produk, organisasi, sistem, pelayanan, dan proses terhadap suatu organisasi yang dianggap sebagai pemimpin dalam satu atau lebih aspek operasional. *Benchmarking* memberikan ukuran kepada pemilik perusahaan untuk memahami bagaimana kondisi gudang perusahaannya dibandingkan dengan kondisi gudang perusahaan lain yang bergerak dibidang yang sama. (Affifey, 2008) mengatakan bahwa *benchmarking* adalah suatu alat manajemen yang digunakan untuk menganalisa apa, mengapa dan seberapa hebatnya pesaing atau organisasi yang terbaik dalam melakukan tata cara bisnisnya dengan fokus kepada kepuasan pelanggan dan juga merupakan suatu usaha yang dilakukan untuk memperbaiki diri secara terus menerus agar menjadi kompetitif dan terbaik di tingkat dunia. Menentukan kunci dan cara sukses yang dilakukan oleh perusahaan terhadap gudang pesaing kemudian dipelajari dengan baik untuk diterapkan digudang perusahaan sendiri yang akhirnya akan mengungguli perusahaan pesaing yang di-*benchmarking*.

Oleh karena itu, peneliti ingin melakukan *benchmarking* terhadap sebagian gudang bahan bangunan yang ada di Yogyakarta, dimana penelitian ini bertujuan untuk

memperbaiki gudang yang termasuk lemah dikelasnya kemudian membandingkannya dengan beberapa gudang sejenis yang terbaik dikelasnya sehingga dapat meningkatkan daya saing, yang nantinya akan berdampak lebih baik pada gudang itu sendiri. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA). Indrawati (2009), menjelaskan bahwa DEA adalah suatu metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dari suatu unit pengambilan keputusan (unit kerja) yang bertanggung jawab menggunakan sejumlah *input* untuk memperoleh suatu *output* yang ditargetkan, dan diperkenalkan pertama kali dalam Riset Operasi oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes (CCR). Dalam pemecahan masalahnya, metode ini menggunakan *Linear Programming* (LP). Secara umum, DEA adalah metode yang melakukan *benchmarking* dari data yang digunakan oleh tiap DMU nya, sehingga dapat diketahui selisih yang harus disesuaikan perusahaan supaya lebih efisien.

Dalam penelitian ini, saya menggunakan beberapa gudang bahan bangunan sebagai DMU, kemudian data diolah menggunakan *linear programming* dengan DEA, akan terlihat DMU mana yang memiliki nilai efektifitas yang paling kecil diantara DMU yang lainnya. Kemudian DMU yang memiliki efektifitas paling kecil akan dibandingkan dengan DMU yang memiliki nilai efektifitas paling besar. Dari *input* dan *output* pada masing-masing DMU kemudian akan dihitung efektifitas relatifnya per DMU. Berdasarkan hasil perhitungan *benchmarking* DMU yang memiliki nilai efektifitas paling kecil dengan DMU yang memiliki nilai efektifitas paling besar. Diharapkan dengan *input* tertentu dalam DMU akan menghasilkan *output* yang maksimal. Dengan demikian, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah mengacu kepada penetapan target yang sesuai untuk gudang perusahaan, sehingga penetapan target ini akan membuat gudang perusahaan lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan latar belakang masalah di atas, dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat efisiensi pada masing-masing gudang (DMU) ?

2. Bagaimana tingkat efisiensi, DMU manakah yang akan ditingkatkan dan dipertahankan ?
3. Bagaimana perbaikan DMU yang inefisien berdasarkan perhitungan metode DEA ?

1.3 Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batas-batas masalah dalam penelitian ini antara lain :

1. Penelitian hanya dilakukan di gudang Tonggak Ampuh Jl. Magelang Km. 15,2 Kec. Sleman, Kab. Sleman, Yogyakarta, gudang material UII, Gudang Margo Material, Gudang Kartono, dan Gudang Margo Jaya.
2. Analisis biaya tidak dilakukan.
3. Pengukuran efisiensi yang dilakukan adalah pengukuran yang menyangkut beberapa *input* dan *output* pada aktivitas gudang.
4. Data yang digunakan dalam penelitian ini hanya pada bulan Maret 2015 sampai Maret 2016.
5. Metode yang digunakan adalah *Data Envelopment Analysis* (DEA).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui tingkat efisiensi pada masing-masing gudang (DMU).
2. Untuk mengetahui DMU apa yang harus ditingkatkan dan dipertahankan.
3. Untuk mengetahui perbaikan apa yang dilakukan untuk DMU yang inefisien

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini antara lain :

1. Bagi peneliti, dapat mengaplikasikan ilmu perkuliahan secara nyata dengan kondisi lapangan yang ada terutama kaitannya dalam aktivitas gudang.
2. Bagi peneliti lain, sebagai bahan refrensi untuk penelitian penelitian selanjutnya, terutama tentang aktivitas gudang.
3. Bagi perusahaan, sebagai bahan masukan dan informasi perusahaan untuk mengetahui tingkat efesiensi gudang agar dapat meningkatkan efisiensi gudang tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian ini dituangkan dalam suatu karya tulis ilmiah agar lebih sistematis dan dimengerti oleh pembaca. Sistematika penulisan karya tulis ilmiah adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan secara singkat mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan

BAB II KAJIAN LITERATUR

Berisi tentang konsep dan prinsip dasar yang di perlukan untuk memecahkan masalah penelitian. Di samping itu juga memuat uraian tetang hasil penelitian yang pernah di lakukan sebelumnya oleh peneliti lain yang ada hubungannya dengan penelitian yang sedang di lakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang kerangka dan bagan alir penelitian, teknik yang di lakukan, model yang di pakai, pembangunan dan pengembangan model, bahan

atau materi, alat, tata cara penelitian dan data yang akan di kaji serta cara analisis yang akan di pakai.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada sub bab ini berisi tentang data yang di peroleh selama penelitian dan bagaimana menganalisa data tersebut. Hasil pengolahan data di tampilkan baik dalam bentuk tabel maupun grafik. Yang di maksud dengan pengolahan data juga termasuk analisis yang di lakukan terhadap hasil yang di peroleh. Pada sub bab ini merupakan acuan untuk pembahasan hasil yang akan di tulis pada sub bab V yaitu pembahasan hasil.

BAB V PEMBAHASAN

Melakukan pembahasan hasil yang di peroleh dalam penelitian, dan kesesuaian hasil dengan tujuan penelitian sehingga dapat menghasilkan sebuah rekomendasi.

BAB VI PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan terhadap analisis yang di buat dan rekomendasi atau saran-saran atas hasil yang di capai dan permasalahan yang di temukan selama penelitian, sehingga perlu di lakukan rekomendasi untuk di kaji pada penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Deduktif

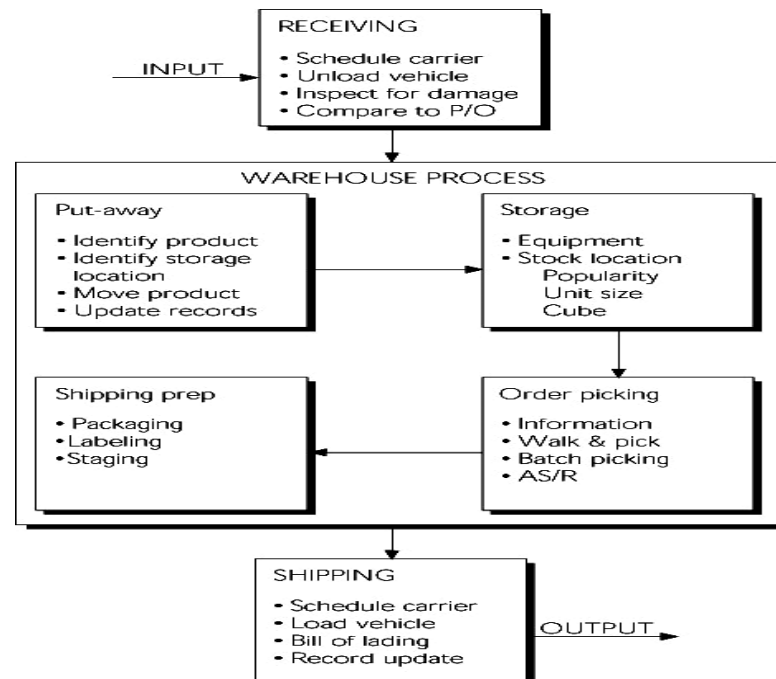
2.1.1 Gudang dan Pergudangan

Gudang atau *warehouse* merupakan tempat penyimpanan barang, baik yang akan menjalani proses *manufacturing*, ataupun barang jadi yang siap dipasarkan. Sedangkan pergudangan tidak hanya merupakan kegiatan penyimpanan barang saja, melainkan proses penanganan barang mulai dari penerimaan barang pencatatan, pemeriksaan, pemilihan, penyimpanan, pelabelan, dan proses pengiriman barang. Dengan adanya manajemen pergudangan yang baik, maka akan dapat memperperdek jarak transportasi untuk mendistribusikan barang, sehingga dapat menghemat biaya pengiriman dan menekan harga jual.

Tujuan dari sitem pergudangan adalah mengurus dan menyimpan barang yang siap diproduksi maupun yang akan didistribusikan ke pasar. Melalui perancangan gudang yang baik akan dapat meminimalkan biaya produksi dan akan menekan harga jual atau transportasi serta tercapainya kelancarang pengiriman barang terhadap konsumen.

A. Aktivitas Gudang

Secara umum, aktivitas gudang yang paling mendominasi lebih banyak kepada kegiatan mencari, mengambil, menyiapkan, sampai menyerahkan barang yang diminta (*order picking*). Gambar 2.1 Menggambarkan secara umum aktivitas yang berada didalam gudang.



Gambar 2.1 Aktivitas Gudang

Pada gambar 2.1 diatas, aktivitas gudang dikategorikan kedalam 2 bagian yaitu *input* dan *output*. Bagian yang termasuk aktivitas *input (inbound)* adalah *receiving*, *put away* dan *storage*. Adapun yang tergolong kedalam aktivitas *output (outbound)* adalah *order picking* dan *shipping*. Adapun aktivitas-aktivitas tersebut adalah sebagai berikut (apple, 1990).

1. *Receiving*

Tujuan dilakukannya *receiving* adalah untuk memastikan material yang sudah diterima apakah sudah sesuai dengan *order* pembelian atau pengiriman barang, mencatat jumlah stok yang diterima pada arsip data inventaris atau catatan stok, dan pemisahan dan pembentulan ketidaksesuaian dalam pencatatan kualitas barang berdasarkan barang yang ada.

2. *Putaway*

Yaitu aktivitas penempatan produk atau material yang telah dibeli di gudang, termasuk aktivitas material *handling* verifikasi lokasi material produk dan penempatan produk tersebut.

3. *Storage*

Yaitu penyimpanan material sementara sampai material atau produk tersebut dikirim untuk proses selanjutnya atau dikirim ke bagian yang memerlukan atau pelanggan. Metode penyimpanan dan penanganan produk atau material tergantung pada ukuran, kualitas, dan karakteristik produk atau material tersebut.

4. *Order Picking*

Yaitu proses pemindahan dari gudang untuk memenuhi permintaan tertentu. Proses ini merupakan wujud pelayanan gudang kepada para pemakai dan konsumennya.

5. *Shipping (loading)*

Yaitu proses pemeriksaan kesempurnaan pengiriman pesanan.

B. Ukuran Kinerja Gudang

Ukuran kinerja gudang juga disebut dengan *Key Performance Indicator* (KPI) gudang adalah indikator yang digunakan untuk mengukur hasil progres kerja dibandingkan dengan target yang telah ditetapkan. Menurut Frazelle, Edward (2002, 56), *Key Performance Indicator* (KPI) gudang akan ditampilkan pada gambar 2.2 berikut.

Table 4-1: Warehouse key performance indicators (Frazelle, 2002, 56)

	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time
Receiving	Receiving cost per line	Receipts per man-hour	% Dock door utilization	% Receipts processed accurately	Receipt processing time per receipts
Putaway	Putaway cost per line	Putaways per man-hour	% Utilization of putaway labor and equipment	% Perfect putaways	Putaways cycle time (per putaway)
Storage	Storage space cost per item	Inventory per square foot	% Locations and cube occupied	% Locations without inventory discrepancies	Inventory days on hand
Order picking	Picking cost per order line	Order lines picked per man-hour	% Utilization of picking labor and equipment	% Perfect picking lines	Order picking cycle time (per order)
Shipping	Shipping cost per customer order	Orders prepared for shipment per man-hour	% Utilization of shipping docks	% Perfect shipments	Warehouse order cycle time

Gambar 2.2 Key Performance Indicator Gudang

Dari gambar 2.2 diatas dapat dilihat bahwa KPI gudang terdiri dari beberapa operasi atau aktivitas-aktivitas yang terdapat di dalam gudang. Diantaranya adalah *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Dari aktivitas gudang, terdapat indikator pada masing-masing aktivitas. Adapun indikator-indikator tersebut adalah *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*.

2.1.2 Efisiensi

Efisiensi diartikan perbandingan antara keluaran (*output*) dengan masukan (*input*). Dalam kata lain efisiensi didefinisikan sebagai kriteria dalam menentukan seberapa besar *input* yang digunakan untuk menghasilkan *output* yang diinginkan (Komaryatin, Nurul :2006). Menurut Shone Rinald (1981) (dalam Komaryatin, Nurul :2006) efisiensi merupakan perbandingan *output* dan *input* berhubungan dengan tercapainya *output* maksimum dengan sejumlah *input*, yang berarti jika ratio output input besar maka efisiensi dikatakan semakin tinggi.

Menurut Wirapati (1976) (dalam Budi :2010) efisiensi didefinisikan sebagai usaha untuk mencapai hasil yang maksimal dengan menggunakan sumber daya yang tersedia, seperti sumber daya alam, sumber daya manusia, modal, dll. Jadi, menurut Wirapati ada 2 hal yang yang dapat dilihat dari efisiensi, yang pertama adalah hasil yang telah dicapai dan yang kedua usaha yang telah dilakukan.

Efisiensi merupakan penggunaan sumber daya yang minimum untuk mencapai hasil yang optimum. Efisiensi juga dikatakan sebagai gambaran sistem dengan performa yang baik dalam memaksimalkan *output* dari *input*. Efisiensi hanya dapat dievaluasi dengan penilaian-penilaian relatif, membandingkan antara masukan dan keluaran yang diterima.

A. Efisiensi Relatif

Efisiensi berhubungan dengan seberapa baik kita menggunakan sumber daya yang ada untuk mendapatkan suatu hasil (David, 1984). Secara matematis efisiensi merupakan rasio antara *output* dan *input*. Namun perhitungan efisiensi di atas masih belum cukup untuk perhitungan efisiensi suatu organisasi atau perusahaan, yang pada kenyataannya tidak hanya melibatkan satu macam *input* dan menghasilkan satu macam *output* saja. Suatu organisasi atau perusahaan sebenarnya berhubungan dengan bermacam-macam sumber daya baik *input* maupun *output* yang berbeda. Kenyataan seperti di atas menyebabkan kondisi ideal, yaitu suatu kondisi dimana nilai efisiensi 1 atau 100% sangat sulit untuk dicapai. Sehingga pengukuran efisiensi untuk perusahaan yang sejenis dapat dilakukan secara relatif. Perusahaan sejenis berarti perusahaan yang memiliki jenis *input* dan *output* yang sama.

1. Konsep Dasar Pengukuran Efisiensi

Cara pengukuran yang digunakan dalam metode DEA adalah dengan membandingkan antara output yang dihasilkan dengan input yang ada.

$$Efisiensi = \frac{output}{input}$$

Nilai efisiensi suatu unit berkisar antara 0 sampai dengan 1 DMU dikatakan efisien jika :

Dari segi orientasi *output*

- Efisiensi naik jika *Output* naik saat *input* tetap
- Efisiensi naik jika *Output* naik saat *input* tetap

Dari segi orientasi *input*

- *Input* tetap saat *output* naik
- *Input* turun saat *output* tetap

Ada dua macam kasus yang mungkin timbul dalam penyelesaian dengan metode DEA, yaitu :

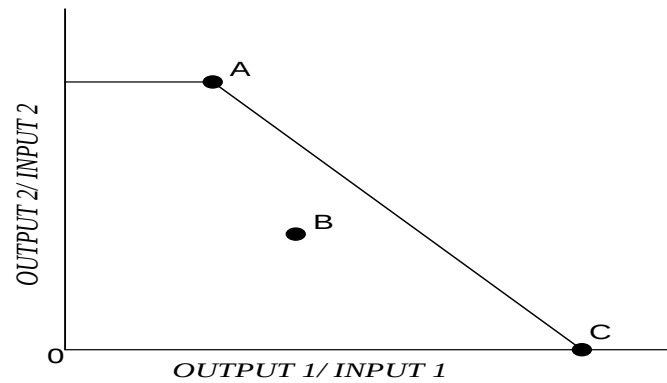
- a. Single *input* dan single *output*
- b. Multiple *input* dan multiple *output*

2. Analisis Garis *Frontier*

Garis *frontier* adalah suatu garis permukaan yang dihubungkan oleh titik-titik terluar dari suatu analisis grafik yang merupakan kondisi sangat efisien yang dapat dicapai. Bagian yang ditunjukkan oleh garis tersebut disebut *Efficient Frontier* (permukaan efisien). *Efficient frontier* pertama kali dikemukakan oleh Harry Markowitz (1952) dalam makalah pertamanya yang memuat mengenai teori portofolio.

Analisa grafik dan garis *frontier* dalam DEA :

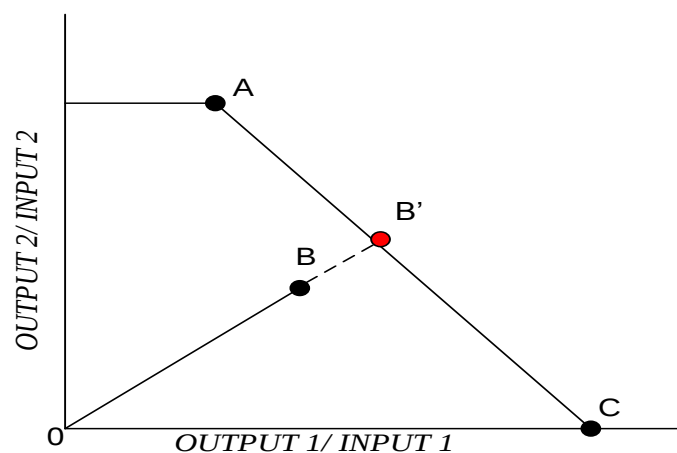
1. Grafik awal antara $\left(\frac{output\ 1}{input\ 1}\right)$ dengan $\left(\frac{output\ 2}{input\ 2}\right)$



Gambar 2.3 Grafik awal efesiensi

Pada gambar 2.3 dapat dilihat bahwa efisiensi maksimum akan tercapai di sepanjang garis yang melewati titik A dan C. Dalam hal ini kondisi berada pada garis *frontier*. Sementara itu titik B kurang efisien dibandingkan dengan efisiensi maksimum titik A dan titik C. Semua kondisi yang berada di dalam garis *frontier* dikatakan sebagai kondisi yang tidak efisien, karena garis *frontier* dihubungkan oleh titik-titik terluar dari suatu analisis grafik yang merupakan kondisi sangat efisien yang dapat dicapai.

2. Grafik yang menunjukkan peningkatan DMU B sampai ke garis *frontier*.



Gambar 2.4. Grafik Peningkatan Efisiensi dari suatu kondisi tertentu.

Titik B dapat diubah menjadi titik yang lebih efisien dengan cara menarik garis dari pangkal O (0,0) yang melalui titik kondisi B menuju ke garis frontier. Selanjutnya

dapat dicari nilai *output* 1 / *input* 1 (efisiensi 1) dan *output* 2 / *input* 2 (efisiensi 2) yang menjadi lebih efisien (kondisi B') dari pada keadaan awal (kondisi B). Dengan demikian dapat dihitung berapa nilai *output* dan *input* yang harus dicapai agar suatu kondisi yang tidak efisien menjadi kondisi yang efisien.

2.1.3 *Linear Programming*

Linear Programming merupakan suatu model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal (Yamit, 1991). Untuk mendapatkan hasil yang optimal, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi adalah dengan menyelesaikan persoalan dengan model matematis. Pemecahan persoalan matematis harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

1. Variabel keputusan tidak boleh negatif
2. Adanya fungsi tujuan (*objective function*) dari variabel keputusan dan dapat digambarkan dalam satu fungsi linier
3. Keterbatasan sumber daya maupun dana dapat digambarkan dalam satu set fungsi linier.

Dalam *Linear Programming* terdapat 2 macam fungsi, yaitu fungsi tujuan (*objective*) dan fungsi batasan (*constraint functions*). Fungsi tujuan menggambarkan sasaran yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal aktivitas-aktivitas yang ingin dicapai. Sedangkan fungsi batasan merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal keberbagai kegiatan.

A. Elemen Pemrograman Linear

Yamit (1991) menuliskan elemen pemrograman linear terdiri dari 3, yaitu :

1. Variabel keputusan (*decision variabel*) : $x_1, x_2, \dots, x_n$ adalah variabel yang nilai-nilainya dipilih untuk dinuat keputusan. Variabel keputusan $x_1, x_2, \dots, x_n$ merupakan nilai non-negatif atau $x_j \geq 0$ untuk semua $j = 1, 2, \dots, n$. Nilai variabel keputusan $x_1, x_2, \dots, x_n$ yang memenuhi semua pembatasan-pembatasan model disebut solusi layak (*feasible*). Sedangkan yang memberikan nilai fungsi tujuan optimum dan memenuhi pembatasan disebut solusi optimum.
2. Fungsi tujuan (*objective function*) : $Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ adalah fungsi yang akan dioptimasi (maksimum atau minimum).
3. Pembatasan (*constraint*) : $g_i(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq b_i$ adalah pembatasan-pembatasan yang harus dipenuhi.

B. Asumsi Pemrograman Linear

Dalam menggunakan model program linear, dibutuhkan beberapa asumsi sebagai berikut (Ruminta, 2009).

1. Asumsi kesebandingan (proporsionalitas). Kontribusi masing-masing variabel keputusan terhadap fungsi tujuan dan pembatasan-pembatasan adalah proporsional langsung terhadap nilai variabel keputusan.
2. Aditivitas. Kontribusi terhadap fungsi tujuan dan pembatasan-pembatasan beberapa variabel adalah independen (bebas) dari variabel keputusan yang lain sehingga kontribusi masing-masing variabel keputusan dapat digabungkan atau ditambahkan menjadi kontribusi total.
3. Divisibilitas. Variabel keputusan adalah kontinu sehingga dapat diambil nilai fraksionalnya.
4. Deterministik. Semua parameter (fungsi tujuan, pembatasan-pembatasan, dan nilai koefisien) diketahui dengan pasti dan tidak pernah berubah selama dilakukan kajian dan analisis.

C. Model Pemrograman Linear

Model pemrograman linear terbagi 2 macam, yaitu model pemrograman linear persoalan maksimasi (maksimum) dan model persoalan minimasi (minimasi).

1. Model Pemrograman Linear Maksimum

- a. Variabel keputusan :

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

- b. Fungsi tujuan maksimum

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2, \dots, +c_nx_n$$

- c. Dengan pembatasan-pembatasan

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2, \dots, +c_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2, \dots, +c_{2n}x_n \leq b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2, \dots, +c_{mn}x_n \leq b_m$$

$$\text{Dimana } x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

2. Model Pemrograman Linear Minimum

- a. Variabel keputusan :

$$x_1, x_2, \dots, x_n$$

- b. Fungsi tujuan maksimum

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2, \dots, +c_nx_n$$

- c. Dengan pembatasan-pembatasan

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2, \dots, +c_{1n}x_n \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2, \dots, +c_{2n}x_n \geq b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2, \dots, +c_{mn}x_n \geq b_m$$

$$\text{Dimana } x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$$

D. Tahapan Memformulasikan Pemrograman Linear

Ruminta (2009) menjelaskan tahapan untuk memformulasikan persoalan pemrograman linear adalah sebagai berikut :

1. Memahami permasalahan secara keseluruhan apakah persoalan itu harus adalah persoalan maksimasi atau minimasi.
2. Mengidentifikasi variabel keputusan.
3. Mendeskripsikan fungsi tujuan sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan.
4. Mendeskripsikan pembatasan-pembatasan sebagai kombinasi linear dari variabel keputusan.
5. Mengidentifikasi batas bawah atau batas atas variabel keputusan.
6. Mengekspresikan semua hasil identifikasi kedalam formula matematika.

2.1.4 Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) adalah sebuah model *nonparametric* untuk mengukur tingkat efisiensi dari sebuah *decision making unit* (DMU) yang diperkenalkan pertama kali oleh Charnes, Cooper and Rhodes. DEA merupakan suatu model pemrograman matematis yang digunakan untuk menghitung efisiensi relatif suatu unit dibandingkan dengan unit-unit lain menggunakan berbagai macam *input* dan *output* yang sejenis. DEA dapat juga digunakan untuk melakukan proses *benchmarking*. DEA adalah analisis pemrograman linier yang berbasis pada pengukuran tingkat performansi suatu efisiensi dari suatu organisasi menggunakan DMU. Yang dimaksud dengan DMU adalah suatu sumber daya dapat berupa sekolah, Bank, rumah sakit, universitas, dan lain-lain. DMU ini dapat digunakan untuk mengetahui seberapa efisien suatu DMU digunakan dengan pemanfaatan peralatan yang ada untuk dapat menghasilkan *output* yang maksimum (Charnes et al.1978).

Kebanyakan *input* dari suatu organisasi berupa data yang sulit untuk diukur performansi efisiensinya. Akan tetapi akan lebih mudah mengukurnya dari segi *profit* tahunan ataupun stok barang dalam organisasi tersebut. Suatu *input* dan *output* dari suatu organisasi dapat bervariasi jumlah dan jenisnya. Hal ini dapat diatasi dengan cara menentukan rasio dari perbandingan total *output* dengan total *input*. Efisiensi yang ditentukan dengan metode DEA adalah suatu nilai yang relatif dan bukan merupakan suatu nilai mutlak yang dapat dicapai oleh suatu organisasi. DMU yang memiliki performansi paling baik dapat diberi skor 100% dan DMU lain yang performansinya berada dibawahnya memiliki skor yang bervariasi yaitu antara 0%- 100% sesuai perbandingannya dengan DMU yang terbaik.

Istilah-istilah yang digunakan pada DEA ialah :

1. *Input*

Sesuatu yang dibutuhkan untuk kemudian diolah dan menjadi suatu produk yang bernilai

2. *Output*

Sesuatu yang dapat dihasilkan dari sejumlah *input* yang tersedia

3. Unit

Sesuatu yang dinilai dan dibandingkan antara *input* dan *output* sehingga diperoleh nilai efisiensi relatifnya

4. Efisiensi Relatif

Efisiensi suatu unit bila dibandingkan dengan unit-unit lain yang memiliki *input* dan *output* dengan jenis yang sama dalam *treatment* tertentu

5. Bobot

Pemberian nilai untuk suatu faktor yang memberikan makna bahwa faktor tersebut mempengaruhi efisiensi sebesar nilai bobotnya.

Metode DEA merupakan metode paling baik yang bisa digunakan. DEA adalah teknik berbasis program linier untuk mengukur efisiensi unit organisasi yang dinamakan

Decision Making Units (DMU). Dengan metode ini, DMU dibandingkan secara langsung dengan sesamanya (homogen), juga *input* dan *output* dapat memiliki satuan pengukuran yang berbeda. Adapun kelebihan lain dari metode DEA adalah dapat menangani *multiple inputs* dan *multiple outputs*, tidak perlu mengetahui hubungan antara *input* dan *output* nya, dapat digunakan dengan data *input* dan *output* yang berbeda unit, serta hal yang diperbandingkan dapat terlihat secara langsung dari *output* olahan yang dihasilkan.

Data Envelopment Analysis (DEA) diperkenalkan oleh Charnes, Cooper, dan Rhodes. Metode ini merupakan salah satu alat bantu evaluasi untuk meneliti kinerja dari suatu aktifitas dalam sebuah unit entitas. Nugroho dan Erwinta (2006) mengemukakan DEA adalah sebuah teknik pemrograman matematis yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi *relative* dari suatu kumpulan unit-unit pembuat keputusan (*decision making unit*/DMU) dalam mengelola sumber daya (*input*) dengan jenis yang sama sehingga menjadi hasil (*output*) dengan jenis yang sama pula, dimana hubungan bentuk fungsi dari *input* ke *output* diketahui. Kemudian menurut Sitompul (2004), DEA adalah alat evaluasi atas aktivitas proses disuatu sistem atau unit kerja. Evaluasi yang dilakukan adalah evaluasi komparatif atau *relative* antara satu unit dengan unit yang lain pada satu organisasi. Pengukuran secara *relative* ini menghasilkan dua atau lebih unit kerja yang memiliki efisiensi 100% yang dijadikan tolok ukur bagi unit kerja lain untuk menentukan langkah-langkah perbaikan. Dari pernyataan-pertanyaan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode DEA ini digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu unit yang mana dengan menggunakan analisa ini dapat diketahui unit mana dan faktor apa yang harus ditingkatkan dalam unit tersebut.

Ada beberapa asumsi-asumsi yang terdapat dalam metode DEA untuk setiap DMU bebas menentukan bobot untuk setiap variabel *input* maupun variabel *output* yang harus memenuhi kondisi yang disyaratkan, yaitu :

1. Bobot tidak boleh negatif
2. Bobot harus bersifat universal atau tidak menghasilkan indikator efisiensi yang diatas normal atau lebih dari nilai 1 bilamana dipakai oleh DMU yang lainnya (Hari dan Susilowati, 2002).

Terdapat beberapa istilah dalam metode DEA yang harus diketahui, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. *Decision Making Unit* (DMU) adalah suatu unit yang akan diukur nilai efisiensinya.
2. *Slack variabel* adalah variabel yang berfungsi untuk menampung sisa kapasitas atau kapasitas yang tidak digunakan pada kendala yang berupa pembatas.
3. *Input oriented measure* (pengukuran berorientasi *input*) yaitu pengidentifikasian ketidakefektifan melalui adanya kemungkinan untuk mengurangi *input* tanpa merubah *output*.
4. *Output oriented measure* (pengukuran berorientasi *output*) yaitu pengidentifikasian ketidakefektifan melalui adanya kemungkinan untuk menambah *output* tanpa merubah *input*.
5. *Constant return scale* (CRS) yaitu terdapat suatu hubungan linier antara *input* dan *output*, setiap penambahan sebuah *input* akan menghasilkan pertambahan *output* yang proporsional dan konstan. Ini berarti berapapun unit beroperasi, efisiensinya tidak akan berubah.
6. *Variable return to scale* (VRS) merupakan kebalikan dari CRS, yaitu tidak terdapat hubungan linier antara *input* dan *output*. Setiap penambahan *input* tidak menghasilkan *output* yang proporsional, sehingga efisiensinya bisa naik bisa turun.
7. *Technical efficiency* adalah kemampuan sebuah unit untuk menghasilkan *output* semaksimal mungkin dari sejumlah *input* yang digunakan.
8. *Scale efficiency* yaitu indeks efisiensi yang memandang bahwa unit DMU tidak berjalan optimal dalam skala produksi dan dapat meminimalisir kesalahan perhitungan efisiensi teknis dari model CCR (CRS) dan VRS akibat DMU yang tidak berjalan efisien atau tidak optimal.

Diasumsikan terdapat n DMU dengan masing-masing memiliki m *input* dan s *output*, nilai efisiensi relatif dari DMU p dapat diselesaikan dengan menggunakan model berikut.

$$\max = \frac{\sum_{k=1}^s v_k \cdot y_{kp}}{\sum_{j=1}^m u_j \cdot x_{jp}}$$

Subject to

$$\frac{\sum_{k=1}^s v_k \cdot y_{ki}}{\sum_{j=1}^m u_j \cdot x_{ji}} \leq 1 \forall i$$

$$v_k, u_j \geq 0 \forall k, j$$

Keterangan :

P = DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya

k = 1, ..., s

j = 1, ..., m

i = DMU yang terlibat , $i = 1, \dots, n$

y_{ki} = variabel *output* ke – k dari DMU ke – i

x_{ji} = variabel *input* ke – j dari DMU ke – i

v_k = Bobot untuk *output* k

u_j = Bobot untuk *input* j

Perhitungan diatas dapat dirubah kedalam bentuk persamaan *linear programming* yang dikenal dengan model CRS atau CCR. Model dasar DEA adalah model CCR yang diusulkan oleh Chanes, Cooper, dan Rhodes pada tahun 1978 merupakan rasion maksimum antara *output* yang terbobot dengan *input* yang terbobot. Masing-masing bobot yang digunakan dalam rasio tersebut ditentukan dengan batasan bahwa rasio yang sama untuk setiap DMU harus memiliki nilai yang kurang dari atau sama dengan 1. Model matematis CCR atau CRS terbagi menjadi 2 macam, yaitu :

1. Model matematis DEA-CCR Primal

Yaitu sebuah model utama yang akan digunakan untuk menghitung nilai efisiensi relatif untuk masing-masing DMU. Didalam DEA, efisiensi DMU didefinisikan sebagai rasio antara jumlah *output* yang diboboti dengan jumlah *input* yang diboboti, yang merupakan suatu perluasan alami konsep efisiensi. Model ini akan mencari nilai efisiensi relatif dengan membandingkan dengan nilai efisiensi dari DMU lainnya. Dengan konsep *output* yang dihasilkan tidak mungkin akan melebihi nilai *input*, maka diasumsikan apabila efisiensi DMU berada dalam kondisi optimal, selisih antara *output* dan *input* adalah 0 dan nilai efisiensinya adalah 1. Model ini mencari nilai efisiensi relatif DMU_i dengan memaksimalkan total *output* dalam DMU_i dengan batasan bahwa total *input* DMU_i sama dengan 1.

$$Max = \sum_{k=1}^s v_{kp} \cdot y_k$$

Subject To

$$\sum_{j=1}^m u_{jp} \cdot x_j = 1$$

$$\sum_{k=1}^s v_{kp} \cdot y_k - \sum_{j=1}^m u_{jp} \cdot x_j \leq 0$$

$$v_{ki}, x_{ji} \geq 0$$

Keterangan :

p = DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya

k = *output* ke - k , $k = 1, \dots, s$

j = *input* ke - j , $j = 1, \dots, m$

i = DMU yang terlibat , $i = 1, \dots, n$

y_k = variabel *output* ke - k

x_j = variabel *input* ke - j

v_{ki} = Konstanta untuk *output* k dari DMU ke - i , yaitu nilai *output* yang didapat dari data hasil pengamatan

u_{ji} = Konstanta untuk *input* j dari DMU ke - i , yaitu nilai *input* yang didapat dari data hasil pengamatan

2. Model Matematis DEA-CCR Dual

Model matematis CCR Dual yaitu model pendukung untuk menghitung nilai efisiensi relatif untuk masing-masing DMU dan akan menentukan DMU mana yang akan menjadi acuan untuk meningkatkan nilai efisiensi DMU yang tidak efisien. Model ini menghitung nilai efisiensi dengan membandingkan nilai optimal tiap variabel dalam mencapai fungsi tujuan. Formulasi yang digunakan adalah sebagai berikut (Singgih, 2008).

$$\text{Min } Z = \theta - \varepsilon \sum_{k=1}^s s_k^+ - \sum_{j=1}^m s_j^-$$

Subject to

$$\theta u_{jp} + s_j^- = \sum_{r=1}^s u_{jp} \lambda_r$$

$$\sum_{k=1}^m v_{kp} \lambda_r - s_k^+ = v_{kp}$$

Keterangan :

p = DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya

s_k^+ = variabel untuk *slack output* – k

s_j^- = variabel untuk *slack input* – j

k = *output* ke - k , $k = 1, \dots, s$

j = *input* ke - j , $j = 1, \dots, m$

r = $1, \dots, n$

ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 hingga 1

θ = Nilai efisiensi

λ_r =Aktifitas level ke – r untuk *input* dan *output* dari masing-masing DMU

v_k = Konstanta untuk *output* k , yaitu nilai *output* yang didapat dari data hasil pengamatan

u_j = Konstanta untuk *input* j , yaitu nilai *input* yang didapat dari data hasil pengamatan

Model DEA yang lainnya adalah BBC (Banker, Charnes & Cooper). Pada tahun 1984 model ini ditemukan yang merupakan perluasan dari model CCR dan memenuhi kenyataan bahwa ukuran produktivitas pada skala yang paling produktif belum tentu sesuai dengan skala produktivitas DMU lain. Pada model ini mengkalkulasikan efisiensi teknis murni dari DMU pada skala operasi. Model ini digunakan karena terdapat faktor eksternal yang mempengaruhi DMU sehingga DMU menjadi tidak efisien dan tidak beroperasi optimal, misalnya kompetisi yang tidak sempurna, keterbatasan dana, dan lain-lain. Berbeda dengan model CRS, pada model BBC mengasumsikan model adalah *variable to scale* (VRS). Secara umum, nilai efisiensi CRS tidak akan melebihi nilai efisiensi VRS, yang secara jelas bahwa secara intuitif bahwa model VRS menganalisa setiap DMU secara lokal daripada secara global. Model DEA-CRS Dual dapat dengan mudah dikembangkan dengan model DEA-VRS yang hanya menambahkan fungsi konveksitasnya (*convexity constrain*), yaitu :

$$\sum_{r=1}^n \lambda_r = 1$$

Model diatas dalam bentuk *input-output oriented* adalah sebagai berikut :

$$\text{Min } Z = \theta - \varepsilon \sum_{k=1}^s s_k^+ - \varepsilon \sum_{j=1}^m s_j^-$$

Subject to

$$\theta u_{jp} + s_j^- = \sum_{r=1}^s u_{jp} \lambda_r$$

$$\sum_{k=1}^m v_{kp} \lambda_r - s_k^+ = v_{kp}$$

$$\sum_{r=1}^n \lambda_r = 1$$

$$\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$$

Keterangan :

p = DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya

s_k^+ = variabel untuk *slack output* – k

s_j^- = variabel untuk *slack input* – j

k = *output* ke - k , $k = 1, \dots, s$

j = *input* ke - j , $j = 1, \dots, m$

r = $1, \dots, n$

ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 - 100

θ = Nilai efisiensi

λ_r = Aktivitas level ke – r untuk *input* dan *output* dari masing-masing DMU

v_k = Konstanta untuk *output* k , yaitu nilai *output* yang didapat dari data hasil pengamatan

u_j = Konstanta untuk *input j*, yaitu nilai *input* yang didapat dari data hasil pengamatan

Suatu DMU dikatakan efisien apabila nilai efisiensi DMU tersebut $\theta = 1$ dan nilai *slack variable* nya sama dengan nol pada solusi optimalnya. Setiap DMU akan menggunakan nilai *input* dan *output* dari DMU yang efisien atau yang optimal untuk memaksifalkan nilai efisiensinya. Apabila DMU memiliki nilai yang kurang dari 1, maka DMU tersebut tidak efisien. Jika terdapat DMU yang memiliki nilai efisiensi nya sama dengan 1, namun pada memiliki nilai *slack variabel* tidak sama dengan nol, maka DMU tersebut bersifat *weakly efficient*. Namun pada umumnya, DMU yang memiliki nilai efisiensi sama dengan satu cukup dikatakan DMU tersebut berada pada kondisi efisien.

Penggunaan model DEA-CRS pada DMU yang tidak efisien menyebabkan *Technical Efficiency* (TE) dapat dibagi menjadi dua komponen, yaitu *pure technical efficiency* (TE_{VRS}) dan *Scale Efficiency* (SE). Apabila telah memperoleh nilai efisiensi teknis murni, maka efisiensi skala (*scale efficiency*) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Scale Efficiency (SE)} = \frac{\text{Technical Efficiency}_{CRS}}{\text{Technical Efficiency}_{VRS}}$$

Scale Efficiency (SE) didapatkan dengan membagi antara nilai TE_{CRS} dengan TE_{VRS} .

2.1.5 Kelebihan dan Kekurangan DEA

Menurut Singgih (2008), metode DEA digunakan sebagai suatu perangkat untuk mengukur kinerja, memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan metode DEA adalah sebagai berikut:

1. Metode DEA dapat mengukur banyak variabel *input* dan variabel *output*
2. Tidak diperlukan asumsi hubungan fungsional antara variabel-variabel yang diukur
3. Variabel *input* dan variabel *output* dapat memiliki satuan pengukuran yang berbeda
4. DMU dibandingkan secara langsung dengan sesamanya
5. Menggudanakan data observasi individual
6. Metode DEA menghasilkan ukuran efisiensi agregat untuk masing-masing DMU menggunakan variabel yang disebut *input* dan *output*
7. Efisiensi masing-masing DMU berdasarkan efisiensi DMU yang lainnya
8. Menunjukkan *input* dan *output* mana dari DMU inefisien yang perlu dirubah untuk mencapai nilai efisiensi
9. Tidak memungkinkan hasil perhitungan semua DMU inefisien.

Selain kelebihan, terdapat juga kekurangan atau kelemahan metode DEA, antara lain :

1. DEA mensyaratkan semua *input* dan *output* harus spesifik dan dadat diukur . kesalahan dalam memasukkan *input* dan *output* yang valid akan menghasilkan hasil yang bias
2. DEA berasumsi bahwa setiap *input* dan *output* identik dengan unit lain dalam tipe yang sama, tanpa mampu mengenali perbedaan-perbedaan tersebut, DEA akan memberikan hasil yang bias
3. Dalam bentuk dasarnya, DEA berasumsi adanya *constrain return to scale* (CRS). CRS meyakini bahwa perubahan proposional pada semua tingkat *input* akan menghasilkan perubahan proposional yang sama pada tingkat *output*

4. Bobot *input* dan *output* yang dihasilkan oleh DEA tidak dapat ditafsirkan dalam nilai ekonomi, meskipun koefisien tersebut memiliki formulasi matematika yang sama.

2.1.6 *Analytic Hierarchy Process (AHP)*

AHP merupakan suatu model pengambil keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty yang menguraikan masalah multifaktor atau multikriteria menjadi suatu hierarki. AHP dipergunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang kompleks dimana data dan informasi statistik dari masalah yang dihadapi sangat sedikit. Saaty (1993), hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya kebawah hingga level terakhir yaitu alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan kedalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis. AHP sering digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan sebagai berikut :

1. Struktur yang berhirarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada subkriteria yang paling dalam
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi berbagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan
3. Memperhitungkan daya tahan *output* analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

2.2 Kajian Induktif

Penelitian mengenai Metode DEA telah dilakukan oleh beberapa kali. Diantara penelitian – penelitian tersebut adalah penelitian yang dilakukan oleh Jukka Korpela, Antti Lehmusvaara, dan Jukka Nisonen (2007). Adapun judul dari penelitian tersebut adalah tentang “Warehouse Operator Selection By AHP And DEA Methodologies”. Adapun *input* DEA dalam penelitian ini adalah *quality, quantity, urdgel, frequency, specred*, dan *capacity*. Sedangkan *output* DEA dalam penelitian ini adalah *reliabilty* dan *flexibility*.

Penelitian yang kedua adalah penelitian yang dilakukan Gary Adiwangsa Utoro, Moses Laksono Singgih (2011). Judul dari penelitian ini adalah tentang “Evaluasi Efisiensi Tambang Terbuka (Open Pit) Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis – Artificial Neural Network (Studi Kasus: Pt. Kpc)”. Adapun *input* DEA dalam metode ini adalah *blasting cost, total jam, total equipment*, dan *manpower*. Sedangkan *output* metode DEA dalam penelitian ini adalah *cool mined*.

Penelitian yang dilakukan oleh Shanty Kusuma Dewi (2015). Judul dari penelitian ini adalah tentang “Pengukuran Efisiensi Proses Produksi Dengan Menggunakan Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)”. Adapun *Input* DEA dari penelitian ini adalah jumlah tenaga kerja, jumlah jam kerja produksi, dan biaya bahan baku. Sedangkan *output* dari metode DEA adalah jumlah produk dan jumlah pelanggan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ida Ayu Puspitasari (2011). Judul dari penelitian ini adalah tentang “Analisis Efisiensi Industri Rokok Di Indonesia Dengan Menggunakan Metode DEA tahun 2006-2008”. Adapun variabel *Input* DEA dalam penelitian ini adalah tenaga kerja, hutang, *capital*, dan *total asset*. Sedangkan *output* DEA yang digunakan adalah *nett sales* dan *gross profit*.

Penelitian penelitian yang dilakukan oleh Shintya Maharani, Wike Agustin Prima Dania dan Mas’ud Effendi (2015). Judul dari penelitian ini adalah tentang “Analisis Efisiensi Distribusi Produk dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) (Studi Kasus pada UD Sabar Jaya Malang)”. Adapun variabel *input* DEA yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah distributor, jumlah pengiriman dan biaya distribusi.

Sedangkan *output* DEA dari penelitian ini adalah penjualan dari distributor, penerimaan, dan keuntungan dari distributor.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Widya Indriastuti (2015). Judul dari penelitian ini adalah tentang “Target Setting UKM dengan menggunakan pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA)”. Adapun variabel *input* DEA dan *output* yang digunakan adalah jumlah tenaga kerja, kapasitas mesin, jumlah bahan baku, jumlah jam kerja, dan biaya operasional. Sedangkan *output* DEA sebagai berikut jumlah produk jadi dan *margin*.

Hardiyanto, Seno (2010) dalam skripsinya yang berjudul “Penerapan Data Envelopment Analysis (DEA) untuk Evaluasi Semester Jurusan Teknik Industri”, menggunakan metode Data Envelopment Analysis (DEA) untuk mengetahui efisiensi semester jurusan Teknik Industri dan melakukan perubahan variabel untuk meningkatkan efisiensi relatif. Pada penelitian ini menggunakan 6 DMU, yaitu jurusan Teknik Industri semester genap 2006/2007 sampai dengan semester ganjil 2009/2010. Menggunakan 2 variabel *input* dan menggunakan 4 variabel *output*. Variabel *input* yang digunakan adalah kualitas dosen pengajar dan nilai kinerja dosen. Adapun variabel *output* yang digunakan adalah IPK mahasiswa, karya ilmiah dosen, kelulusan mahasiswa, dan waktu study mahasiswa. Hasil dari penelitian ini menunjukkan DMU semester genap 2008/2009 berada pada kondisi tidak efisien, oleh sebab itu akan diadakan evaluasi perbaikan DMU semester genap 2008/2009. Peningkatan IPK memberikan kontribusi terhadap efisiensi relatif sehingga efisiensi meningkat dan penurunan kualitas dosen pengajar juga akan memberikan kontribusi terhadap tingkat efisiensi relatif sehingga efisiensi juga meningkat.

Dewi, Citra (2011) dalam skripsinya yang berjudul “Penerapan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Untuk Mengukur efisiensi Relatif Jurusan Pada Sebuah Fakultas”, menggunakan metode DEA untuk mengetahui tingkat efisiensi terhadap lima jurusan di Fakultas Teknologi Industri. Penelitian ini menggunakan 5 DMU yaitu jurusan yang ada pada Fakultas Teknologi Industri, Teknik Mesin, Teknik Industri, Teknik Kimia, Teknik Informatika dan Teknik Elektro. Variabel *input* yang digunakan sebanyak 15 dan variabel *output* sebanyak 8. Variabel *input* tersebut adalah jumlah total dosen,

jumlah dosen tetap, jumlah dosen tidak tetap, jumlah dosen berpendidikan S-2, jumlah dosen berpendidikan S-3, rata-rata beban sks dosen per semester, nilai kinerja dosen ≥ 3 , jumlah mahasiswa aktif, jumlah mahasiswa masuk, rata-rata penyelesaian TA, jumlah bahan pustaka di perpustakaan, kesesuaian keahlian dosen dengan mata kuliah yang diajarkan, fasilitas laboratorium, rasio mahasiswa terhadap dosen tetap, dan persentase jumlah dosen tidak tetap terhadap seluruh dosen. Adapun variabel *output* adalah IPK rata-rata, persentase lulus tepat waktu, jumlah mahasiswa lulus, jumlah penelitian dosen, jumlah pelatihan/pengabdian masyarakat dosen, kesesuaian bidang kerja dengan bidang studi, persentase lulusan yang bekerja, dan rata-rata masa tunggu kerja. Dari hasil penelitian tersebut Teknik Informatika berada pada kondisi tidak efisien. Kemudian dilakukan perbaikan pada variabel *output* mahasiswa lulus, perbaikan terhadap variabel *output* jumlah penelitian dosen, perbaikan variabel *output* jumlah pelatihan/pengabdian dosen, perbaikan terhadap variabel *output* persentase lulusan dan perbaikan target terhadap variabel *output* rata-rata masa tunggu kerja.

Rahman, Fazlur (2012) dalam skripsinya “Pengukuran Efisiensi Supplier Bambu Dengan Pendekatan Data Envelopment Analysis”, menggunakan metode DEA untuk menentukan apakah masing-masing *supplier* bambu telah berada pada kondisi efisien atau tidak efisien. Pada penelitian ini menggunakan 3 DMU, yaitu Kulon Progo, Purworejo, dan Sleman. Variabel *input* yang digunakan adalah total harga beli. Sedangkan *output* yang digunakan adalah pemenuhan *order*, pengiriman, kualitas bahan baku dan data kriteria kepuasan. Setelah dilakukan perhitungan dengan metode DEA, maka hasil yang diperoleh adalah Kulon Progo (DMU2) berada pada kondisi tidak efisien dengan nilai 0,9957478. Kemudian dilakukan perbaikan target terhadap DMU 2 dengan cara penetapan target pada variabel yang berpengaruh yaitu variabel waktu pengiriman dan variabel kriteria kepuasan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di daerah Yogyakarta. Penelitian dilakukan di Gudang Tonggak Ampuh di jalan Magelang km 15,2, Sleman, Yogyakarta, Gudang Kartono di jalan Kaliurang km 9, Gudang Material UII di daerah Degolan, Gudang Margo Material di jalan Magelang km 16, dan Gudang Marga Jaya di jalan Raya Tajem, Maguwoharjo, Sleman, Yogyakarta. Objek dari penelitian ini adalah beberapa gudang bangunan yang bergerak dalam pembuatan batako, paving blok, tiang pancang dan tiang listrik beton. Pemilihan objek dilandasi oleh kesamaan jenis usaha, bahan-bahan yang sama, proses produksi dan alur produksi yang sama, sehingga bisa dilakukan menggunakan perhitungan metode DEA.

3.2 Identifikasi Masalah dan Tujuan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah apakah gudang perusahaan terhitung lebih efektif dibandingkan dengan gudang yang lainnya dilihat dari nilai efisiensi relatif yang dihitung dengan menggunakan *input* dan *output* yang telah ditentukan. Gudang yang memiliki nilai efisiensi tertinggi akan menjadi acuan untuk perbaikan efisiensi untuk gudang yang tidak efisien.

3.3 Jenis dan Sumber Data

Adapun pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan langsung dari observasi dan wawancara dengan Kepala Gudang. Data ini akan menjadi perhitungan untuk menentukan variabel *input* dan *output* yang digunakan dalam metode DEA.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data-data yang digunakan dalam perhitungan dan pengolahan berdasarkan kepada kajian literatur yang berkaitan dengan tema penelitian ini yang dapat membantu peneliti memahami gambaran teori yang digunakan sehingga tidak keluar dari konsep yang diharapkan.

3. Data Perusahaan

Data perusahaan adalah data-data yang sudah tersedia diperusahan yang akan dijadikan sebagai pengolahan dan perhitungan.

3.4 Pengolahan Data

Proses pengolahan data dalam penelitian ini menjelaskan langkah-langkah mendapatkan nilai efisiensi relatif masing-masing DMU yang kemudian akan digunakan untuk menentukan tujuan dari perusahaan.

3.4.1 Identifikasi *Decision Making Unit* (DMU)

Decision Making Unit (DMU) adalah organisasi atau unit yang akan diteliti. Pada penelitian ini pengukuran efisiensi gudang dilakukan terhadap 5 gudang yang ada di daerah Yogyakarta. Gudang tersebut dikelompokkan kedalam gudang bangunan yang bergerak pada bidang penyimpanan batako, paving blok, tiang pancang dan tiang listrik beton. Adapun DMU tersebut adalah sebagai berikut :

DMU_p = DMU yang akan diukur nilai efisiensinya

DMU1 = Tonggak Ampuh

DMU2 = Material UII

DMU3 = Margo Material

DMU4 = Kartono

DMU5 = Marga Jaya

3.4.2 Identifikasi Variabel *Input-Output*

Untuk melakukan pengolahan data, dibutuhkan variabel-variabel *input* dan *output* untuk mengolah data tersebut. Sebelum dilakukan pengolahan data, variabel *input* dan *output* ditentukan berdasarkan pada survei kepada masing-masing kepala gudang berdasarkan aktivitas-aktivitas gudang. survei dilakukan dengan cara membagikan kuisisioner kepada masing-masing kepala gudang, kemudian kepala gudang mengisi kuisisioner perbandingan berpasangan aktivitas-aktivitas gudang dengan memberikan tanda silang (x) pada aktivitas-aktivitas gudang yang memiliki tingkat kepentingan paling tinggi. Dari data kuisisioner yang telah didapatkan, kemudian data tersebut diolah menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP), sehingga akan didapatkan nilai bobot yang paling tinggi. Bobot paling tinggi tersebut akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan variabel *input* ataupun sebagai variabel *output*-nya. Adapun variabel *input* dan variabel *output* tersebut adalah :

1. *Receiving : Receipt per man-hour* (unit/jam)

Receipt per man-hour (unit/jam) adalah rata-rata kapasitas operator untuk menerima barang per jamnya.

2. *Putaway :Putaways cycle tme* (unit/jam)

Putaways cycle tme (unit/jam) total barang yang dipindahkan per jamnya.

3. *Storage : %Location and Cube occupied (%)*

%Location and Cube occupied (%) adalah total luasnya area penyimpanan barang didalam gudang.

4. *Order Picking : Order picking cycle time (unit/order)*

Order picking cycle time (unit/order) adalah total waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan barang per *ordernya*.

5. *Shipping : Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)*

Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam) merupakan total barang yang diperlukan untuk melakukan pengiriman barang per jamnya.

Input ke - n dalam penelitian dilambangkan dengan X_j , dimana $j = 1, 2$, dan 3 . Berikut adalah *input* yang digunakan antara lain :

$X_1 = \text{Receipt per man-hour (unit/jam)}$

$X_2 = \text{Putaways cycle tme (unit/jam)}$

$X_3 = \text{%Location and Cube occupied (\%)}$

Output ke - n dalam penelitian ini dilambangkan dengan Y_k , dimana $k = 1$ dan 2 . Berikut adalah *output* yang digunakan antara lain :

$Y_1 = \text{Order picking cycle time (unit/order)}$

$Y_2 = \text{Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)}$

3.4.3 Identifikasi Model

Persamaan umum untuk efisiensi relatif adalah rasio antara *input* dan *output*. Metode DEA yang digunakan menggunakan *Linear Programming* untuk mengukur efisiensi model CRS *primal* adalah :

$$\text{Efisiensi relatif Max } Z_p = v_{1p}.y_1 + v_{2p}.y_2$$

Subject to

1. $u_{1p}.x_1 + u_{2p}.x_2 + u_{3p}.x_3 = 1$
2. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 1)
3. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 2)
4. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 3)
5. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 4)
6. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 5)
7. $y_1, y_2 \geq 0$
8. $x_1, x_2, x_3 \geq 0$

Keterangan :

Z = Fungsi tujuan

p = 1, 2, 3, 4 dan 5 . DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya

i = 1, 2, 3, 4 dan 5. DMU yang menjadi pembatas , misal DMU1 maka $i = 1$, DMU2 maka $i = 2$, dst.

v_1 = konstanta *output* 1, yaitu data *output Order picking cycle time*

v_2 = konstanta *output* 2, yaitu data *output Order prepared for shipment per man-hour*

u_1 = konstanta *input* 1, yaitu data *input Receipt per man-hour*

u_2 = konstanta *input* 2, yaitu data *input Putaways cycle tme*

u_3 = konstanta *input* 3, yaitu data *input %Location and Cube occupied*

y_1 = variabel *output* 1, *output Order picking cycle time*

y_2 = variabel *output* 2, *output Order prepared for shipment per man-hour*

- x_1 = variabel *input* 1, yaitu *input Receipt per man-hour*
 x_2 = variabel *input* 2, yaitu *input Putaways cycle tme*
 x_3 = variabel *input* 3, yaitu *input %Location and Cube occupied*

Perhitungan diatas dilakukan untuk setiap DMU dengan menggunakan *software* LINDO 6.1, sehingga diketahui hasil nilai efisiensi relatif untuk masing-masing DMU dan DMU mana yang efisien maupun inefisien. Langkah selanjutnya adalah perhitungan dengan menggunakan model CRS *dual*. Model CRS *dual* yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Minimize } Z = \theta - \varepsilon s_1^+ - \varepsilon s_2^+ - \varepsilon s_1^- - \varepsilon s_2^- - \varepsilon s_3^-$$

Subject to

1. $v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 + v_{15}\lambda_5 - s_1^+ = v_{1p}$
2. $v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 + v_{25}\lambda_5 - s_2^+ = v_{2p}$
3. $u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 + u_{15}\lambda_5 - u_{1p}\theta + s_1^- = 0$
4. $u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 + u_{25}\lambda_5 - u_{2p}\theta + s_2^- = 0$
5. $u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 + u_{35}\lambda_5 - u_{3p}\theta + s_3^- = 0$
6. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0$
7. $s_1^+, s_2^+ \geq 0$
8. $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$

Keterangan :

- p = DMU yang akan dihitung efisiensinya. 1, 2, 3, 4, dan 5
 s_k^+ = variabel untuk *slack output* – k
 s_j^- = variabel untuk *slack input* - j
 ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 -1
 θ = Nilai efisiensi
 λ_r =Aktifitas level ke – r untuk *input* dan *output* dari masing-masing DMU

v_{ki} = Konstanta untuk *output* - k , dari DMU - i

u_{ji} = Konstanta untuk *input* - j , dari DMU - i

Setelah melakukan perhitungan dengan model CRS *dual* untuk masing-masing, maka akan didapatkan nilai efisiensinya. Selanjutnya perhitungan menggunakan model VRS, yaitu dengan menambahkan fungsi *convexity constrain* (batasan konveksitas) pada formulasi CRS *dual*. Berikut adalah batasan konveksitasnya :

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$$

Sehingga, perhitungan dengan menggunakan model VRS adalah senbagai berikut:

$$\text{Minimize } Z = \theta - \varepsilon s_1^+ - \varepsilon s_2^+ - \varepsilon s_1^- - \varepsilon s_2^- - \varepsilon s_3^-$$

Subject to

1. $v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 + v_{15}\lambda_5 - s_1^+ = v_{1p}$
2. $v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 + v_{25}\lambda_5 - s_2^+ = v_{2p}$
3. $u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 + u_{15}\lambda_5 - u_{1p}\theta + s_1^- = 0$
4. $u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 + u_{25}\lambda_5 - u_{2p}\theta + s_2^- = 0$
5. $u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 + u_{35}\lambda_5 - u_{3p}\theta + s_3^- = 0$
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
7. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0$
8. $s_1^+, s_2^+ \geq 0$
9. $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$

Keterangan

p = DMU yang akan dihitung efisiensinya. 1, 2, 3, 4, dan 5

s_k^+ = variabel untuk *slack output* - k

s_j^- = variabel untuk *slack input* - j

- ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 -1
 θ = Nilai efisiensi
 λ_r =Aktifitas level ke $-r$ untuk *input* dan *output* dari masing-masing DMU
 v_{ki} = Konstanta untuk *output* - k , dari DMU - i
 u_{ji} = Konstanta untuk *input* - j , dari DMU - i

Penggunaan model DEA-CRS pada DMU yang tidak efisien menyebabkan *Technical Efficiency* (TE) dapat dibagi menjadi dua komponen, yaitu *pure technical efficiency* (TE_{VRS}) dan *Scale Efficiency* (SE). DMU yang efisien akan memiliki TE = 1, karena TE didapat dari membandingkan tingkat efisiensi sempurna =1 dengan nilai efisiensi relatif DMU_k, atau bisa ditulis dengan TE=1/z. Jika telah memperoleh nilai efisiensi teknis murni, maka efisiensi skala (*scale efficiency*) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Scale\ Efficiency\ (SE) = \frac{Technical\ Efficiency\ CRS}{Technical\ Efficiency\ VRS}$$

Hasil perhitungan yang terjadi TE_{VRS} > SE menunjukkan perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh efisiensi teknis murni (TE_{VRS}), sedangkan TE_{VRS} < SE menunjukkan perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh perkembangan SE. Kemudian DMU yang tidak efisien akan diperbaiki nilai efisiensinya dengan menentukan *peer group*. *Peer Group* merupakan satu atau lebih DMU yang akan menjadi acuan (*benchmarking*) bagi DMU yang tidak efisien untuk meningkatkan nilai efisiensinya berdasarkan pada DMU yang efisien. Metode yang digunakan *Hierarchical Cluster Analysis* dengan menggunakan *software* SPSS dengan melihat jarak *euclidean* (kemiripan karakteristik dalam pencapaian nilai TE dan spesifikasi penggunaan *input-output*).

3.4.4 Software LINDO

Lindo (*Linear Interactive Discrete Optimizer*) adalah sebuah *software* yang dapat digunakan untuk mencari penyelesaian dari permasalahan dalam pemrograman linier. Dengan menggunakan *software* LINDO memungkinkan perhitungan masalah pemrograman linier dengan n variabel. Cara kerja LINDO adalah memasukkan data, serta menaksirkan kebenaran dan kelayakan data berdasarkan penyelesaiannya. Perhitungan dengan LINDO pada dasarnya menggunakan metode Simpleks. Ada beberapa tahapan pada LINDO untuk menentukan nilai optimal, yaitu :

1. Menentukan model matematika berdasarkan data *real*
2. Menentukan formulasi program untuk LINDO
3. Membaca hasil *report* yang dihasilkan oleh LINDO.

Perintah-perintah yang biasa digunakan dalam mengoperasikan *software* LINDO sebagaimana ditulis dalam tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Perintah di dalam *Software* LINDO

No	Kode	Keterangan
1	MAX	Perintah untuk masalah maksimasi
2	MIN	Perintah untuk masalah minimasi
3	END	Untuk mengakhiri data
4	GO	Pemecahan dan penyelesaian masalah
5	LOOK	Mencetak bagian yang dipilih dari data yang ada
6	GIN	Agar variabel keputusan bernilai bulat
7	INTE	Menentukan solusi dari masalah biner
8	INT	Menentukan solusi dari masalah biner
9	SUB	Membatasi nilai maksimum
10	SLB	Membatasi nilai minimum
11	FREE	Supaya solusi bilangan real

Software LINDO banyak digunakan untuk pemecahan masalah maksimasi dan minimasi dengan cara memasukkan data berupa rumusan dalam bentuk linier. *Software* LINDO juga memiliki keterbatasan yang berupa beberapa variabel tidak bisa dibaca oleh

software LINDO, oleh sebab itu variabel tersebut harus diganti atau disesuaikan penggunaannya dalam *software* LINDO. Adapun variabel yang disesuaikan dengan persamaan model yang digunakan dalam *software* LINDO adalah sebagai berikut.

1. MODEL CCR *Primal* (CRS *Primal*)

$$\text{MAX } V_{1p} \cdot Y_1 + V_{2p} \cdot Y_2$$

SUBJECT TO

$$U_{11} \cdot X_1 + U_{22} \cdot X_2 + U_{33} \cdot X_3 = 1$$

$$V_{11} \cdot Y_1 + V_{21} \cdot Y_2 - U_{11} \cdot X_1 - U_{21} \cdot X_2 - U_{31} \cdot X_3 \leq 0$$

$$V_{12} \cdot Y_1 + V_{22} \cdot Y_2 - U_{12} \cdot X_1 - U_{22} \cdot X_2 - U_{32} \cdot X_3 \leq 0$$

$$V_{13} \cdot Y_1 + V_{23} \cdot Y_2 - U_{13} \cdot X_1 - U_{23} \cdot X_2 - U_{33} \cdot X_3 \leq 0$$

$$V_{14} \cdot Y_1 + V_{24} \cdot Y_2 - U_{14} \cdot X_1 - U_{24} \cdot X_2 - U_{34} \cdot X_3 \leq 0$$

$$V_{15} \cdot Y_1 + V_{25} \cdot Y_2 - U_{15} \cdot X_1 - U_{25} \cdot X_2 - U_{35} \cdot X_3 \leq 0$$

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

END

Keterangan :

- p = 1, 2, 3, 4 dan 5 . DMU yang akan dihitung nilai efisiensi relatifnya
 v_1 = konstanta *output* 1, yaitu data *output Order picking cycle time*
 v_2 = konstanta *output* 2, yaitu data *output Order prepared for shipment per man-hour*
 u_1 = konstanta *input* 1, yaitu data *input Receipt per man-hour*
 u_2 = konstanta *input* 2, yaitu data *input Putaways cycle tme*
 u_3 = konstanta *input* 3, yaitu data *input %Location and Cube occupied*
 y_1 = variabel *output* 1, *output Order picking cycle time*
 y_2 = variabel *output* 2, *output Order prepared for shipment per man-hour*
 x_1 = variabel *input* 1, yaitu *input Receipt per man-hour*
 x_2 = variabel *input* 2, yaitu *input Putaways cycle tme*
 x_3 = variabel *input* 3, yaitu *input %Location and Cube occupied*

2. Model CCR Dual (CRS Dual)

MIN Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3

SUBJECT TO

$$V_{11}P_1 + V_{12}P_2 + V_{13}P_3 + V_{14}P_4 + V_{15}P_5 - O1 = V_{1p}$$

$$V_{21}P_1 + V_{22}P_2 + V_{23}P_3 + V_{24}P_4 + V_{25}P_5 - O2 = V_{2p}$$

$$U_{11}P_1 + U_{12}P_2 + U_{13}P_3 + U_{14}P_4 + U_{15}P_5 - U_{1p}Z + I1 = 0$$

$$U_{21}P_1 + U_{22}P_2 + U_{23}P_3 + U_{24}P_4 + U_{25}P_5 - U_{2p}Z + I2 = 0$$

$$U_{31}P_1 + U_{32}P_2 + U_{33}P_3 + U_{34}P_4 + U_{35}P_5 - U_{3p}Z + I3 = 0$$

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$P5 \geq 0$$

$O1 \geq 0$
 $O2 \geq 0$
 $I1 \geq 0$
 $I2 \geq 0$
 $I3 \geq 0$
 END
 FREE Z

Keterangan :

V_{ki} = Konstanta untuk *output -k*, dari DMU -*i*
 u_{ji} = Konstanta untuk *input -j*, dari DMU -*i*
 Z = Pengganti efisiensi (θ) dalam formulasi CCR *dual*
 O_k = Pengganti variabel *slack output* (s_k^+) dari formulasi CCR
 ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 -1
 θ = Nilai efisiensi
 P_r = Pengganti *Lambda r* (λ_r) dalam formulasi CCR *dual*
 I_j = Pengganti variabel *slack input* (s_j^-) dari formulasi CCR
 0.0009 = Nilai positif kecil antara 0 hingga 1 (ε)

3. Model VRS (BBC)

MIN Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3

SUBJECT TO

$$\begin{aligned}
 V_{11}P_1 + V_{12}P_2 + V_{13}P_3 + V_{14}P_4 + V_{15}P_5 - O1 &= V_{1p} \\
 V_{21}P_1 + V_{22}P_2 + V_{23}P_3 + V_{24}P_4 + V_{25}P_5 - O2 &= V_{2p} \\
 U_{11}P_1 + U_{12}P_2 + U_{13}P_3 + U_{14}P_4 + U_{15}P_5 - U_{1p}Z + I1 &= 0 \\
 U_{21}P_1 + U_{22}P_2 + U_{23}P_3 + U_{24}P_4 + U_{25}P_5 - U_{2p}Z + I2 &= 0 \\
 U_{31}P_1 + U_{32}P_2 + U_{33}P_3 + U_{34}P_4 + U_{35}P_5 - U_{3p}Z + I3 &= 0
 \end{aligned}$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1$$

$$P_1 \geq 0$$

$$P_2 \geq 0$$

$$P_3 \geq 0$$

$$P_4 \geq 0$$

$$P_5 \geq 0$$

$$O_1 \geq 0$$

$$O_2 \geq 0$$

$$I_1 \geq 0$$

$$I_2 \geq 0$$

$$I_3 \geq 0$$

END

FREE Z

Keterangan :

V_{ki} = Konstanta untuk *output* - k , dari DMU - i

u_{ji} = Konstanta untuk *input* - j , dari DMU - i

Z = Pengganti efisiensi (θ) dalam formulasi CCR *dual*

O_k = Pengganti variabel *slack output* (s_k^+) dari formulasi CCR

ε = konstanta yang nilainya sangat kecil yang merupakan angka positif antara 0 -1

θ = Nilai efisiensi

P_r = Pengganti *Lambda* r (λ_r) dalam formulasi CCR *dual*

I_j = Pengganti variabel *slack input* (s_j^-) dari formulasi CCR

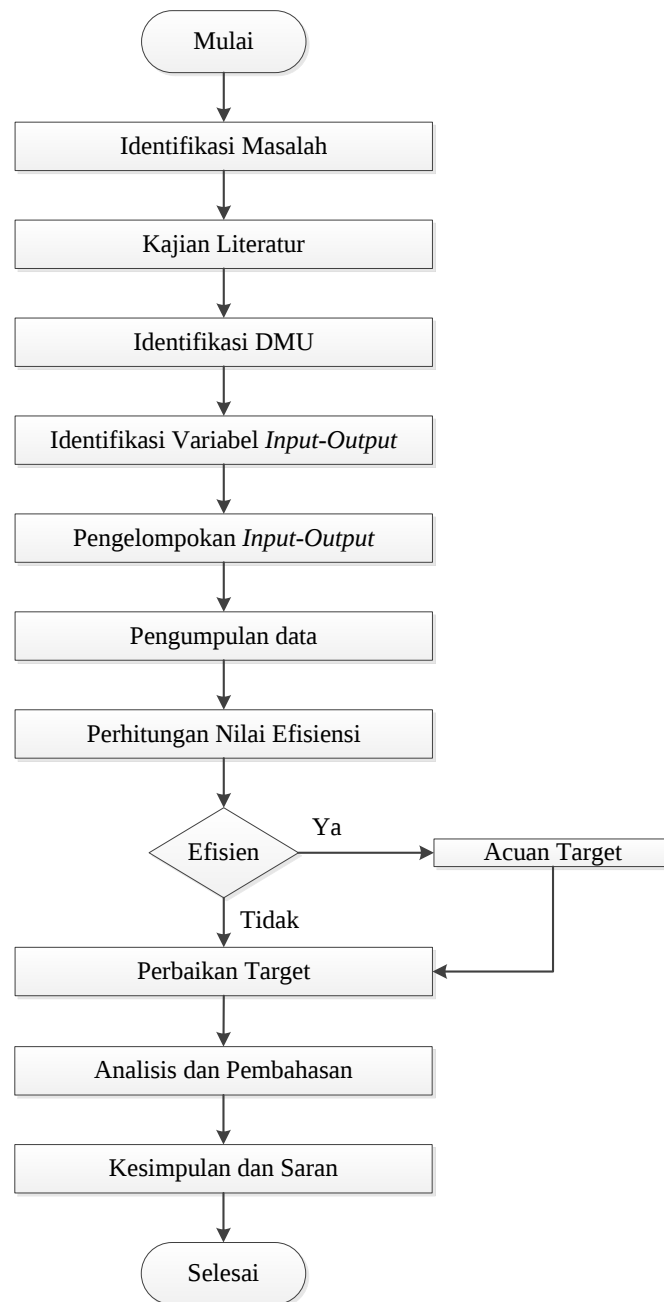
0.0009 = Nilai positif kecil antara 0 hingga 1 (ε)

3.5 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan nilai efisiensi pada DMU yang tidak efisien setelah dilakukan perbaikan efisiensi, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh perubahan nilai variabel pada nilai efisiensi. Analisis sensitivitas digunakan untuk mengetahui sejauh mana kontribusi peningkatan ataupun penurunan dari target perbaikan yang dilakukan terhadap peningkatan efisiensi relatif, sehingga dapat diketahui perbedaan nilai sebelum dilakukan perubahan dan sesudah dilakukan perubahan target. Pada analisis ini menggunakan nilai *dual price* sebagai acuan, dikarenakan oleh karena fungsi pembatas akan mengikat fungsi tujuan jika memiliki nilai *dual price*. Perubahan akan memberikan kontribusi sebesar *dual price*-nya pada penurunan ataupun peningkatan efisiensi pada DMU yang inefisien.

3.6 Flowchart Penelitian

Flowchart atau diagram alir penelitian berisikan tentang alur penelitian yang akan dilakukan. Adapun *flowchart* penelitian akan ditampilkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Keterangan *flowchart*:

1. Mulai
2. Identifikasi Masalah, mengamati dan mencari topik permasalahan yang akan dibahas

3. Kajian Literatur, setelah menentukan permasalahan yang akan dibahas, peneliti mengkaji literatur-literatur yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.
4. Identifikasi DMU, mengidentifikasi DMU mana yang akan menjadi objek penelitian.
5. Identifikasi variabel *input* dan *output*, menentukan variabel *input* dan *output* dengan menggunakan metode AHP untuk mencari bobot dari perbandingan berpasangan pada aktivitas gudang.
6. Pengelompokan variabel *input* dan *output*, setelah mengidentifikasi variabel *input* dan *output*, maka variabel akan dikelompokkan sesuai dengan variabel *input* dan *output*.
7. Pengumpulan data, mencari dan mengambil data yang dibutuhkan untuk proses perhitungan efisiensi DMU.
8. Perhitungan nilai efisiensi, perhitungan nilai efisiensi dilakukan dengan *software* LINDO menggunakan model persamaan linier.
9. Efisiensi, melihat nilai efisiensi dari masing-masing DMU setelah dilakukan perhitungan menggunakan *software* LINDO. Jika DMU efisien atau memiliki nilai efisiensi 1, maka DMU tersebut akan dijadikan target acuan untuk DMU yang tidak efisien. Jika tidak efisien maka DMU tersebut akan dilakukan perbaikan target.
10. Perbaikan target, perbaikan target dilakukan kepada DMU yang memiliki nilai efisiensi kurang dari 1.
11. Analisis dan pembahasan, menguraikan dan membahas perhitungan yang telah dilakukan sehingga didapatkannya solusi bagi DMU yang inefisien.
12. Kesimpulan dan Saran, memberikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan.
13. Selesai.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Gudang

Pengumpulan data ini dilakukan berdasarkan observasi pada 5 gudang bangunan di Yogyakarta. Gudang ini bergerak dibidang penyimpanan bahan bangunan seperti batako, paving blok, tiang pancang, dan tiang listrik beton. Pemasaran produk-produk tersebut masih didominasi dari daerah Yogyakarta dan Jawa Tengah. Profil gudang akan ditampilkan dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1 Profil Gudang

No	Nama Gudang	Pemilik	Tahun berdiri	Alamat
1	Tonggak Ampuh	Soewita Rahardjo	1978	Jl. Magelang km 15,2, Sleman, Yogyakarta
2	Material UII	Setia Winarno	2001	Degolan, Sleman, Yogyakarta
3	Margo Material	Zuhair	2001	Jl. Magelang km 16, Sleman, Yogyakarta
4	Kartono	Ade Wahyono	2000	Jl. Kaliurang km 9, Gentan
5	Marga Jaya	Wahyu	2002	Jl. Raya Tajem Maguwoharjo,Sleman, Yogyakarta

2. Kemudian melakukan rekapitulasi terhadap kuisioner yang telah diisi oleh kepala gudang. Hasil rekapitulasi kuisioner akan dihitung dengan matriks perbandingan berpasangan untuk masing-masing aktivitas. Karena kuisioner yang diberikan lebih dari satu ahli, maka hasil kuisioner akan dihitung dalam bentuk *geometric mean*, yaitu dengan menghitung rata-rata hasil kuisioner tersebut.
3. Menghitung nilai bobot dengan menggunakan *geometric mean* terhadap semua aktivitas gudang *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking*, dan *shipping*. Penghitungan bobot pada aktivitas *receiving* akan ditampilkan pada tabel 4.3 dan tabel 4.4.

Tabel 4.3 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *receiving*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>Receiving</i>					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	1/5	4	1	2
<i>Productivity</i>	5 3/8	1	5	1 1/2	2 5/7
<i>Utilization</i>	1/4	1/5	1	2/5	1 1/4
<i>Quality</i>	1	2/3	2 4/9	1	1/3
<i>Cycle time</i>	1/2	3/8	4/5	2 5/6	1
Jumlah	8,10	2,44	13,39	6,72	7,32

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan bobot kriteria *receiving*

Tabel Perhitungan <i>priority weight</i> kriteria <i>Receiving</i>							
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	1/8	0,08	0,30	0,15	0,27	0,93	0,19
<i>Productivity</i>	2/3	0,41	0,38	0,22	0,37	2,04	0,41
<i>Utilization</i>	0	0,08	0,07	0,06	0,17	0,42	0,08
<i>Quality</i>	1/8	0,28	0,18	0,15	0,05	0,78	0,16
<i>Cycle time</i>	0	0,15	0,06	0,42	0,14	0,83	0,17
jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Dari tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa setelah perhitungan dengan *geometric mean* pada aktivitas *receiving*, bobot yang paling tinggi adalah bobot *productivity* dengan nilai bobot 0,41. Oleh sebab itu, pada aktivitas *receiving* indikator yang diambil untuk variabel *input* adalah *productivity*.

Selanjutnya adalah melakukan penghitungan bobot terhadap aktivitas *putaway* untuk menentukan nilai bobot yang akan dijadikan sebagai variabel *input*. Penghitungan bobot untuk aktivitas *putaway* akan ditampilkan pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.5 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *putaway*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>Putaway</i>					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	1 1/9	1 2/5	1/3	1/5
<i>Productivity</i>	1	1	4/7	1 1/5	3
<i>Utilization</i>	5/7	1 3/4	1	2 5/8	2/7
<i>Quality</i>	3	5/6	3/8	1	3/8
<i>Cycle time</i>	5 1/7	1/3	3 4/9	2 5/8	1
Jumlah	10,75	5,01	6,81	7,79	4,87

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan bobot kriteria *putaway*

Tabel Perhitungan <i>priority weight</i> kriteria <i>Putaway</i>							
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0,09	0,22	0,21	0,04	0,04	0,60	0,12
<i>Productivity</i>	0,08	0,20	0,08	0,15	0,62	1,14	0,23
<i>Utilization</i>	0,07	0,35	0,15	0,34	0,06	0,96	0,19
<i>Quality</i>	0,28	0,17	0,06	0,13	0,08	0,71	0,14
<i>Cycle time</i>	0,48	0,07	0,51	0,34	0,21	1,59	0,32
jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Dari tabel 4.6 diatas dapat dilihat bahwa setelah perhitungan dengan *geometric mean* pada aktivitas *putaway*, bobot yang paling tinggi adalah bobot *cycle time* dengan nilai bobot 0,32. Oleh sebab itu, pada aktivitas *putaway* indikator yang diambil untuk variabel *input* adalah *cycle time*.

Selanjutnya adalah melakukan penghitungan bobot terhadap aktivitas *storage* untuk menentukan nilai bobot yang akan dijadikan sebagai variabel *input*. Penghitungan bobot untuk aktivitas *storage* akan ditampilkan pada tabel 4.7 dan tabel 4.8.

Tabel 4.7 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *storage*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>Storage</i>					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	2/7	3/5	1 3/4	4/7
<i>Productivity</i>	3 1/2	1	2/7	5/6	5/7
<i>Utilization</i>	1 2/3	3 2/3	1	1 1/5	4 1/3

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas Storage					
<i>Quality</i>	4/7	1 1/5	5/6	1	3
<i>Cycle time</i>	1 3/4	1 2/5	2/9	1/3	1
Jumlah	8,46	7,53	2,95	5,10	9,64

Tabel 4.8 Tabel Perhitungan bobot kriteria *storage*

Tabel Perhitungan <i>priority weight</i> aktivitas Storage							
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	total	Bobot
<i>Financial</i>	0,12	0,04	0,20	0,34	0,06	0,76	0,15
<i>Productivity</i>	0,41	0,13	0,09	0,17	0,07	0,87	0,17
<i>Utilization</i>	0,20	0,49	0,34	0,23	0,45	1,71	0,34
<i>Quality</i>	0,07	0,16	0,29	0,20	0,31	1,02	0,20
<i>Cycle time</i>	0,21	0,18	0,08	0,07	0,10	0,64	0,13
jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Dari tabel 4.8 diatas dapat dilihat bahwa setelah perhitungan dengan *geometric mean* pada aktivitas *storage*, bobot yang paling tinggi adalah bobot *utilization* dengan nilai bobot 0,34. Oleh sebab itu, pada aktivitas *storage* indikator yang diambil untuk variabel *input* adalah *utilization*.

Selanjutnya adalah melakukan penghitungan bobot terhadap aktivitas *order picking* untuk menentukan nilai bobot yang akan dijadikan sebagai variabel *output*. Penghitungan bobot untuk aktivitas *order picking* akan ditampilkan pada tabel 4.9 dan tabel 4.10.

Tabel 4.9 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *order picking*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas Order Picking					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	4/7	3 5/9	4/9	1/4
<i>Productivity</i>	1 3/4	1	1	2	1/3
<i>Utilization</i>	2/7	1	1	1 2/5	3/5
<i>Quality</i>	2 1/5	1/2	5/7	1	1 2/3
<i>Cycle time</i>	4 1/6	3 2/9	1 2/3	3/5	1
Jumlah	9,39	6,30	7,95	5,48	3,78

Tabel 4.10 Tabel Perhitungan bobot kriteria *order picking*

Tabel Perhitungan <i>priority weight</i> aktivitas <i>order picking</i>							
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0,11	0,09	0,45	0,08	0,06	0,79	0,16
<i>Productivity</i>	0,18	0,16	0,13	0,37	0,08	0,92	0,18
<i>Utilization</i>	0,03	0,16	0,13	0,26	0,16	0,73	0,15
<i>Quality</i>	0,24	0,08	0,09	0,18	0,43	1,02	0,20
<i>Cycle time</i>	0,44	0,51	0,21	0,11	0,26	1,54	0,31
jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Dari tabel 4.10 diatas dapat dilihat bahwa setelah perhitungan dengan *geometric mean* pada aktivitas *order picking*, bobot yang paling tinggi adalah bobot *cycle time* dengan nilai bobot 0,31. Oleh sebab itu, pada aktivitas *order picking* indikator yang diambil untuk variabel *output* adalah *cycle time*.

Selanjutnya adalah melakukan penghitungan bobot terhadap aktivitas *shipping* untuk menentukan nilai bobot yang akan dijadikan sebagai variabel *output*. Penghitungan bobot untuk aktivitas *shipping* akan ditampilkan pada tabel 4.11 dan tabel 4.12.

Tabel 4.11 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *shipping*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>Shipping</i>					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	1	1 1/2	2/7	1 2/9
<i>Productivity</i>	1	1	6	1/2	4
<i>Utilization</i>	2/3	1/6	1	3 1/3	2/5
<i>Quality</i>	3 1/2	2	2/7	1	5/7
<i>Cycle time</i>	4/5	1/4	2 4/9	1 2/5	1
Jumlah	6,94	4,44	11,20	6,57	7,39

Tabel 4.12 Tabel Perhitungan bobot kriteria *shipping*

Tabel Perhitungan <i>priority weight</i> aktivitas <i>shipping</i>							
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0,14	0,23	0,13	0,04	0,17	0,72	0,14
<i>Productivity</i>	0,14	0,23	0,54	0,08	0,55	1,52	0,30
<i>Utilization</i>	0,10	0,04	0,09	0,51	0,06	0,79	0,16
<i>Quality</i>	0,50	0,45	0,03	0,15	0,10	1,22	0,24
<i>Cycle time</i>	0,12	0,06	0,22	0,22	0,14	0,74	0,15
jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	1,00

Dari tabel 4.12 diatas dapat dilihat bahwa setelah perhitungan dengan *geometric mean* pada aktivitas *shipping*, bobot yang paling tinggi adalah bobot *productivity* dengan

nilai bobot 0,30. Oleh sebab itu, pada aktivitas *shipping* indikator yang diambil untuk variabel *output* adalah *productivity*.

Setelah dilakukan perhitungan pembobotan dengan menggunakan *geometric mean* diatas, maka akan didapatkan variabel *input* dan *output* sesuai dengan bobot yang paling tinggi pada aktivitas gudang. adapun variabel *input* dan variabel *output* yang didapatkan adalah sebagai berikut.

a. *Receipt per man-hour* (unit/jam)

Receipt per man-hour (unit/jam) adalah rata-rata kapasitas operator untuk menerima barang per jamnya.

b. *Putaways cycle tme* (unit/jam)

Putaways cycle tme (unit/jam) total barang yang dipindahkan per jamnya.

c. *%Location and Cube occupied* (%)

%Location and Cube occupied (%) adalah total luasnya area penyimpanan barang didalam gudang.

d. *Order picking cycle time* (unit/order)

Order picking cycle time (unit/order) adalah total waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan barang per *ordernya*.

e. *Order prepared for shipment per man-hour* (unit/jam)

Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam) merupakan total barang yang diperlukan untuk melakukan pengiriman barang per jamnya.

Dari variabel diatas, dapat ditentukan variabel yang menjadi variabel *independent* dan variabel *dependent*. Variabel *independent* diatas adalah *input* dari aktivitas yang ada di dalam gudang, sedangkan variabel *dependent* merupakan *output* dari aktivitas gudang. variabel *input* dan variabel *output* DMU akan ditampilkan pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Variabel *input* dan *output*

No	Variabel	Kategori
1	<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	<i>Input</i>
2	<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	<i>Input</i>
3	<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	<i>Input</i>
4	<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	<i>Output</i>
5	<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	<i>Output</i>

Dari tabel 4.13 dapat dilihat bahwa yang menjadi variabel *input* adalah *Receipt per man-hour (unit/jam)*, *Putaways cycle tme (unit/jam)*, dan *%Location and Cube occupied (%)*. Sedangkan yang menjadi variabel *output* adalah *Order picking cycle time (unit/order)* dan *Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)*.

4.1.3 Data Gudang

Dalam penelitian ini, data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang sudah di rekapitulasi oleh perusahaan. Rekapitulasi data-data tesebut dari periode Maret 2015-Maret 2016 pervariabel untuk masing-masing DMU akan ditampilkan pada tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Data Gudang

No	Variabel	DMU 1	DMU 2	DMU 3	DMU 4	DMU 5
1	<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	5,56	187,5	945	187,5	333
2	<i>Putaways cycle time (unit/jam)</i>	1,52	3	2,5	2	10
3	<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	75	60	65	43,33	46,2
4	<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	0,5	3	1,5	1	28
5	<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	6,44	9,30	187,5	162,5	226

Data yang digunakan pada perhitungan per variabel per DMU adalah hasil perhitungan dari rekapitulasi data kemudian pehitungan berikutnya menggunakan perhitungan untuk masing-masing variabel DMU.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Constant Return of Scale (CRS)

Pada penelitian ini melakukan perhitungan efisiensi relatif dari 5 DMU dengan menggunakan hasil perhitungan per variabel perDMU. Data gudang yang digunakan terdiri dari 3 *input* dan 2 *output*. *Input* dilambangkan dengan X_i dan *output* dilambangkan dengan Y_j sebagaimana yang akan ditampilkan pada tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 *Input dan Output DMU*

DMU Var	DMU 1	DMU 2	DMU 3	DMU 4	DMU 5
x_1	u_{11} 5,56	u_{12} 187,5	u_{13} 945	u_{14} 187,5	u_{15} 333
x_2	u_{21} 1,52	u_{22} 3	u_{23} 2,5	u_{24} 2	u_{25} 10
x_3	u_{31} 75	u_{32} 60	u_{33} 65	u_{34} 43,33	u_{35} 46,2
y_1	v_{11} 0,5	v_{12} 3	v_{13} 1,5	v_{14} 1	v_{15} 28
y_2	v_{21} 6,44	v_{22} 9,30	v_{23} 187,5	v_{24} 162,5	v_{25} 226

Keterangan tabel :

1. X_1 = Receipt per man-hour (unit/jam)
2. X_2 = Putaways cycle tme (unit/jam)
3. X_3 = %Location and Cube occupied (%)
4. Y_1 = Order picking cycle time (unit/order)
5. Y_2 = Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)

Data dari tabel 4.15 akan diolah menggunakan *software* LINDO 6.1 dalam bentuk program linier untuk mengetahui nilai efisiensi relatif masing-masing DMU. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai efisiensi relatif CRS menggunakan *software* LINDO 6.1.

$$\text{Efisiensi relatif Max } Z_p = v_{1p}.y_1 + v_{2p}.y_2$$

Subject to

1. $u_{1p}.x_1 + u_{2p}.x_2 + u_{3p}.x_3 = 1$
2. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 1)
3. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 2)
4. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 3)
5. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 4)
6. $v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0$ (DMU 5)
7. $y_1, y_2 \geq 0$
8. $x_1, x_2, x_3 \geq 0$
9. $i = 1, 2, 3$ dan 4. DMU yang menjadi pembanding (pembatas). Misal DMU 1 maka $i = 1$, DMU 2 maka $i = 2$, dst.
10. $p = 1, 2, 3$ dan 4. DMU yang akan dihitung nilai efisiensinya relatifnya.

DMU 1

$$Max\ ep = 0.5Y_1 + 6.44Y_2$$

Subject to

1. $5.56X_1 + 1.52X_2 + 75X_3 = 1$
(batasan 1, total nilai *input* DMU 1 = 1)
2. $0.5Y_1 + 6.44Y_2 - 5.56X_1 - 1.52X_2 - 75X_3 \leq 0$
(batasan 2 efisiensi relatif DMU 1 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 1 dan nilai *input* DMU 1 ≤ 0)
3. $3Y_1 + 9.30Y_2 - 187.5X_1 - 3X_2 - 60X_3 \leq 0$
(batasan 3 efisiensi relatif DMU 2 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 2 dan nilai *input* DMU 2 ≤ 0)
4. $1.5Y_1 + 187.5Y_2 - 945X_1 - 2.5X_2 - 65X_3 \leq 0$

(batasan 4 efisiensi relatif DMU 3 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 3 dan nilai *input* DMU 3 ≤ 0)

$$5. 1Y_1 + 162.5Y_2 - 187.5X_1 - 2X_2 - 43.33X_3 \leq 0$$

(batasan 5 efisiensi relatif DMU 4 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 4 dan nilai *input* DMU 4 ≤ 0)

$$6. 28Y_1 + 226Y_2 - 333X_1 - 10X_2 - 46.2X_3 \leq 0$$

(batasan 6 efisiensi relatif DMU 5 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 5 dan nilai *input* DMU 5 ≤ 0)

$$7. Y_1, Y_2 \geq 0$$

(nilai variabel *output* Y_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

$$8. X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

(nilai variabel *input* X_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

DMU 2

$$\text{Max } ep = 3Y_1 + 9.30Y_2$$

Subject to

$$1. 187.5X_1 + 3X_2 + 60X_3 = 1$$

(batasan 1, total nilai *input* DMU 2 = 1)

$$2. 0.5Y_1 + 6.44Y_2 - 5.56X_1 - 1.52X_2 - 75X_3 \leq 0$$

(batasan 2 efisiensi relatif DMU 1 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 1 dan nilai *input* DMU 1 ≤ 0)

$$3. 3Y_1 + 9.30Y_2 - 187.5X_1 - 3X_2 - 60X_3 \leq 0$$

(batasan 3 efisiensi relatif DMU 2 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 2 dan nilai *input* DMU 2 ≤ 0)

$$4. 1.5Y_1 + 187.5Y_2 - 945X_1 - 2.5X_2 - 65X_3 \leq 0$$

(batasan 4 efisiensi relatif DMU 3 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 3 dan nilai *input* DMU 3 ≤ 0)

$$5. 1Y_1 + 162.5Y_2 - 187.5X_1 - 2X_2 - 43.33X_3 \leq 0$$

(batasan 5 efisiensi relatif DMU 4 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 4 dan nilai *input* DMU 4 ≤ 0)

$$6. 28Y_1 + 226Y_2 - 333X_1 - 10X_2 - 46.2X_3 \leq 0$$

(batasan 6 efisiensi relatif DMU 5 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 5 dan nilai *input* DMU 5 ≤ 0)

$$7. Y_1, Y_2 \geq 0$$

(nilai variabel *output* Y_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

$$8. X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

(nilai variabel *input* X_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

DMU 3

$$Max\ ep = 1.5Y_1 + 187.5Y_2$$

Subject to

$$1. 945X_1 + 2.5X_2 + 65X_3 = 1$$

(batasan 1, total nilai *input* DMU 3 = 1)

$$2. 0.5Y_1 + 6.44Y_2 - 5.56X_1 - 1.52X_2 - 75X_3 \leq 0$$

(batasan 2 efisiensi relatif DMU 1 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 1 dan nilai *input* DMU 1 ≤ 0)

$$3. 3Y_1 + 9.30Y_2 - 187.5X_1 - 3X_2 - 60X_3 \leq 0$$

(batasan 3 efisiensi relatif DMU 2 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 2 dan nilai *input* DMU 2 ≤ 0)

$$4. 1.5Y_1 + 187.5Y_2 - 945X_1 - 2.5X_2 - 65X_3 \leq 0$$

(batasan 4 efisiensi relatif DMU 3 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 3 dan nilai *input* DMU 3 ≤ 0)

$$5. 1Y_1 + 162.5Y_2 - 187.5X_1 - 2X_2 - 43.33X_3 \leq 0$$

(batasan 5 efisiensi relatif DMU 4 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 4 dan nilai *input* DMU 4 ≤ 0)

$$6. 28Y_1 + 226Y_2 - 333X_1 - 10X_2 - 46.2X_3 \leq 0$$

(batasan 6 efisiensi relatif DMU 5 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 5 dan nilai *input* DMU 5 ≤ 0)

$$7. Y_1, Y_2 \geq 0$$

(nilai variabel *output* Y_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

$$8. X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

(nilai variabel *input* X_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

DMU 4

$$Max\ ep = 1Y_1 + 162.5Y_2$$

Subject to

$$1. 187.5X_1 + 2X_2 + 43.33X_3 = 1$$

(batasan 1, total nilai *input* DMU 4 = 1)

$$2. 0.5Y_1 + 6.44Y_2 - 5.56X_1 - 1.52X_2 - 75X_3 \leq 0$$

(batasan 2 efisiensi relatif DMU 1 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 1 dan nilai *input* DMU 1 ≤ 0)

$$3. 3Y_1 + 9.30Y_2 - 187.5X_1 - 3X_2 - 60X_3 \leq 0$$

(batasan 3 efisiensi relatif DMU 2 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 2 dan nilai *input* DMU 2 ≤ 0)

$$4. 1.5Y_1 + 187.5Y_2 - 945X_1 - 2.5X_2 - 65X_3 \leq 0$$

(batasan 4 efisiensi relatif DMU 3 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 3 dan nilai *input* DMU 3 ≤ 0)

$$5. 1Y_1 + 162.5Y_2 - 187.5X_1 - 2X_2 - 43.33X_3 \leq 0$$

(batasan 5 efisiensi relatif DMU 4 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 4 dan nilai *input* DMU 4 ≤ 0)

$$6. 28Y_1 + 226Y_2 - 333X_1 - 10X_2 - 46.2X_3 \leq 0$$

(batasan 6 efisiensi relatif DMU 5 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 5 dan nilai *input* DMU 5 ≤ 0)

$$7. Y_1, Y_2 \geq 0$$

(nilai variabel *output* Y_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

$$8. X_1, X_2, X_3 \geq 0$$

(nilai variabel *input* X_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

DMU 5

$$\text{Max } ep = 28Y_1 + 226Y_2$$

Subject to

$$1. \quad 333X_1 + 10X_2 + 46.2X_3 = 1$$

(batasan 1, total nilai *input* DMU 4 = 1)

$$2. \quad 0.5Y_1 + 6.44Y_2 - 5.56X_1 - 1.52X_2 - 75X_3 \leq 0$$

(batasan 2 efisiensi relatif DMU 1 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 1 dan nilai *input* DMU 1 ≤ 0)

$$3. \quad 3Y_1 + 9.30Y_2 - 187.5X_1 - 3X_2 - 60X_3 \leq 0$$

(batasan 3 efisiensi relatif DMU 2 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 2 dan nilai *input* DMU 2 ≤ 0)

$$4. \quad 1.5Y_1 + 187.5Y_2 - 945X_1 - 2.5X_2 - 65X_3 \leq 0$$

(batasan 4 efisiensi relatif DMU 3 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 3 dan nilai *input* DMU 3 ≤ 0)

$$5. \quad 1Y_1 + 162.5Y_2 - 187.5X_1 - 2X_2 - 43.33X_3 \leq 0$$

(batasan 5 efisiensi relatif DMU 4 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 4 dan nilai *input* DMU 4 ≤ 0)

$$6. \quad 28Y_1 + 226Y_2 - 333X_1 - 10X_2 - 46.2X_3 \leq 0$$

(batasan 6 efisiensi relatif DMU 5 yaitu, selisih antara nilai *output* DMU 5 dan nilai *input* DMU 5 ≤ 0)

$$7. \quad Y_1, Y_2 \geq 0$$

(nilai variabel *output* Y_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

8. $X_1, X_2, X_3 \geq 0$

(nilai variabel *input* X_n harus lebih besar atau sama dengan 0)

Setelah melakukan pengolahan data dengan menggunakan software LINDO 6.1, maka akan diperoleh nilai efisiensi relatif CRS untuk masing-masing DMU. Nilai efisiensi relatif CRS akan ditampilkan pada tabel 4.5

Tabel 4.16 Nilai Efisiensi Relatif DMU CRS *Primal*

No	DMU	Efisiensi	Keterangan
1	DMU 1	1	Efisien
2	DMU 2	0.3571429	Inefisien
3	DMU 3	0.9606383	Inefisien
4	DMU 4	1	Efisien
5	DMU 5	1	Efisien

Dari perhitungan efisiensi relatif model CRS *Primal*, terdapat dua DMU yang tidak efisien yaitu DMU 2 dan DMU 3 dengan nilai efisiensi masing-masing 0.3571429 dan 0.9606383. Sedangkan pada DMU 1, DMU 4 dan DMU 5 tergolong kepada kondisi optimal, hal ini dapat dilihat dari nilai efisiensi pada DMU tersebut sama dengan 1. Selain menghitung nilai efisiensi, perhitungan CRS *Primal* juga menampilkan nilai bobot rata-rata untuk masing-masing variabel, sehingga dapat diketui variabel apa saja yang mempengaruhi nilai efisiensi dari masing-masing DMU tersebut. Nilai bobot rata-rata pada masing-masing DMU akan ditampilkan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17 Nilai bobot rata-rata pervariabel

Variabel	DMU 1	DMU 2	DMU 3	DMU 4	DMU 5	Bobot Rata-rata
Y_1	0.000000	0.119048	0.108511	0.000000	0.035714	0.052655
Y_2	0.155280	0.000000	0.004255	0.006154	0.000000	0.033138
X_1	0.133786	0.000000	0.000000	0.005260	0.003001	0.028409
X_2	0.000000	0.333333	0.400000	0.006831	0.000000	0.148033
X_3	0.003415	0.000000	0.000000	0.000000	0.000016	0.000686

Nilai bobot merupakan nilai optimum variabel keputusan untuk mencapai fungsi tujuan. Nilai bobot rata-rata variabel didapatkan dari hasil perhitungan model CRS dengan menggunakan *software* LINDO 6.1. Untuk menghitung bobot rata-rata, total bobot pervariabel dibagi dengan jumlah DMU. Untuk bobot rata-rata pada variabel Y_1 ,

penjumlahan bobot pada semua DMU ($0.000000+0.119048+0.108511+0.035714$) kemudian dibagi banyaknya DMU (5) adalah 0.052655. Untuk menghitung nilai bobot rata-rata variabel yang lain dapat menggunakan cara yang sama. Dari hasil bobot rata-rata dapat diketahui bahwa urutan variabel yang paling mempengaruhi adalah X_2 (*Putaways cycle tme*), Y_1 (*Order picking cycle time*), Y_2 (*Order prepared for shipment per man-hour*), X_1 (*Receipt per man-hour*) dan X_3 (*%Location and Cube occupied*).

4.2.2 Constant Return of Scale (CRS) Dual

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan model CRS *Primal*, langkah selanjutnya yang perlu dilakukan adalah perhitungan menggunakan model CRS *Dual*, hal ini dikarenakan oleh agar supaya dapat menentukan perbaikan target berdasarkan hasil yang didapat dari perhitungan model CRS *Dual*. Untuk formulasi CRS *dual* yang digunakan adalah (moses, 2008) sebagai berikut.

$$\text{Efisiensi relatif Min } Z = \theta - \varepsilon \sum_{k=1}^s s_k^+ - \sum_{j=1}^m s_j^-$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n v_{ki} \lambda_r - s_k^+ = v_{kp}$$

$$\sum_{i=1}^n u_{ji} \lambda_r - \theta u_{jp} + s_j^- = 0$$

$$\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$$

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk perhitungan CRS *Dual* menggunakan software LINDO 6.1

$$\text{Minimize } Z = \theta - \varepsilon s_1^+ - \varepsilon s_2^+ - \varepsilon s_1^- - \varepsilon s_2^- - \varepsilon s_3^-$$

Subject to

1. $v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 + v_{15}\lambda_5 - s_1^+ = v_{1p}$
2. $v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 + v_{25}\lambda_5 - s_2^+ = v_{2p}$
3. $u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 + u_{15}\lambda_5 - u_{1p}\theta + s_1^- = 0$
4. $u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 + u_{25}\lambda_5 - u_{2p}\theta + s_2^- = 0$
5. $u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 + u_{35}\lambda_5 - u_{3p}\theta + s_3^- = 0$
6. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0$
7. $s_1^+, s_2^+ \geq 0$
8. $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$

DMU 1

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min} \theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 0.5$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 1)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 6.44$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 1)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 5.56\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X1 DMU 1= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 1.52\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X2 DMU 1 = 0)

5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 75\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 1+slackinput X3 DMU 1 = 0)
6. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
7. $r = 1,2,3,4,5$
8. $k = 1,2$
9. $j = 1,2,3$

DMU 2

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min} \theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 3$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – slack output Y1=output Y1 DMU 2)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 9.30$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – slack output Y2=output Y2 DMU 2)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 187.5\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 2+slackinput X1 DMU 2= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 3\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 2+slackinput X2 DMU 2 = 0)

5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 60\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 2+slackinput X3 DMU 2 = 0)
6. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
7. $r = 1,2,3,4,5$
8. $k = 1,2$
9. $j = 1,2,3$

DMU 3

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min}\theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 1.5$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – slack output Y1=output Y1 DMU 3)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 187.5$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – slack output Y2=output Y2 DMU 3)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 945\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 3+slackinput X1 DMU 3= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 2.5\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 3+slackinput X2 DMU 3 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 65\theta + s_3^- = 0$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 3+slackinput X3 DMU 3 = 0)

6. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
7. $r = 1,2,3,4,5$
8. $k = 1,2$
9. $j = 1,2,3$

DMU 4

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min} \theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 1$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – slack output Y1=output Y1 DMU 4)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 162.5$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – slack output Y2=output Y2 DMU 4)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 187.5\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 4+slackinput X1 DMU 4= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 2\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 4+slackinput X2 DMU 4 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 43.33\theta + s_3^- = 0$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 4+slackinput X3 DMU 4 = 0)

6. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
7. $r = 1,2,3,4,5$
8. $k = 1,2$
9. $j = 1,2,3$

DMU 5

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min} \theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 28$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – slack output Y1=output Y1 DMU 5)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 226$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – slack output Y2=output Y2 DMU 5)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 333\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 5+slackinput X1 DMU 5= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 10\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 5+slackinput X2 DMU 5 = 0)

5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 46.2\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 5+*slackinput* X3 DMU 5 = 0)
6. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
7. $r = 1,2,3,4,5$
8. $k = 1,2$
9. $j = 1,2,3$

Dari hasil perhitungan model CRS *Dual* dengan menggunakan *software* LINDO 6.1 maka akan didapatkan nilai efisiensi relatif ($\emptyset$), *technical efficiency* (TE) dan *slack variabel*. Rekapitulasi dan hasil perhitungan model CRS *dual* dengan *software* LINDO 6.1 akan ditampilkan dalam tabel 4.7.

Tabel 4.18 Nilai $\emptyset$, TE dan *Slack Variabel* model CRS *dual*

No	DMU	$\emptyset$	TE	Slack Variabel
1	DMU 1	1	1	
2	DMU 2	0.3007321	3,325219	$S_{O1} = 0.096554$ $S_{I2} = 0.258183$
3	DMU 3	0.3278072	3,050574	$S_{O1} = 0.010942$ $S_{O2} = 0.000754$ $S_{I2} = 0.035500$
4	DMU 4	1	1	
5	DMU 5	1	1	

Dari tabel 4.18 diatas, dapat dilihat bahwa nilai efisiensi CRS *dual* pada DMU 1, DMU 4 dan DMU 5 adalah 1. Hal ini menunjukkan bahwa pada DMU tersebut berada pada kondisi efisien. Sedangkan pada DMU 2 dan DMU 3 nilai efisiensi CRS *Dual* bernilai 0.3007321 dan 0.3278072, ini menunjukkan bahwa pada DMU ini belum berada pada kondisi efisien atau inefisien. Pada DMU 2 terdapat *slack* di variabel *input* (X2) dan *slack variabel output* (Y1), masing-masing sebesar 0.258183 dan 0.096554. Sedangkan pada DMU 3 juga terdapat *slack* di variabel *input* (X2) 0.035500 dan *slack* di variabel *output* Y1 (0.010942) dan Y2(0.000754).

Untuk menentukan nilai *technical efficiency* (TE) dengan $(1/z)$. Nilai TE pada DMU 1, DMU 4 dan DMU 5 bernilai 1 yang berarti DMU tersebut berada pada kondisi efisien. Nilai efisiensi CRS *dual* untuk DMU 2 adalah 0.3007321, sehingga nilai TE

(1/0.3007321) untuk DMU 2 3,325219. Begitu juga untuk menghitung nilai TE untuk DMU 3, (1/0.3278072) yaitu sebesar 3,050574.

4.2.3 Variable Return to Scale (VRS)

Perhitungan menggunakan model VRS digunakan untuk mengetahui apakah efisiensi DMU dipengaruhi oleh teknis murni atau apakah ada faktor lain yang mempengaruhi diluar DMU. Perhitungan model VRS itu sebenarnya penyempurnaan dari model CRS(CCR)*dual*, hanya saja pada perhitungan menggunakan model VRS ini ditambahkan batasan konveksitas (*convexity constrain*) $\sum_j \lambda_j = 1$.

$$\text{Efisiensi relatif Min } Z = \theta - \varepsilon \sum_{k=1}^s s_k^+ - \varepsilon \sum_{j=1}^m s_j^-$$

Subject to

$$\sum_{i=1}^n v_{ki} \lambda_r - s_k^+ = v_{kp}$$

$$\sum_{i=1}^n u_{ji} \lambda_r - \theta u_{jp} + s_j^- = 0$$

$$\sum_{r=1}^n \lambda_r = 1$$

$$\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$$

$$\text{Minimize } Z = \theta - \varepsilon s_1^+ - \varepsilon s_2^+ - \varepsilon s_1^- - \varepsilon s_2^- - \varepsilon s_3^-$$

Subject to

1. $v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 + v_{15}\lambda_5 - s_1^+ = v_{1p}$
2. $v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 + v_{25}\lambda_5 - s_2^+ = v_{2p}$
3. $u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 + u_{15}\lambda_5 - u_{1p}\theta + s_1^- = 0$
4. $u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 + u_{25}\lambda_5 - u_{2p}\theta + s_2^- = 0$
5. $u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 + u_{35}\lambda_5 - u_{3p}\theta + s_3^- = 0$
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
7. $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5 \geq 0$
8. $s_1^+, s_2^+ \geq 0$
9. $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$

Berikut ini adalah persamaan yang digunakan untuk perhitungan VRS menggunakan *software* LINDO 6.1

DMU 1

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min} \theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 0.5$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 1)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 6.44$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 1)

3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 5.56\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 1+slackinput X1 DMU 1= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 1.52\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 1+slackinput X2 DMU 1 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 75\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 1+slackinput X3 DMU 1 = 0)
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)
7. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
8. $r = 1,2,3,4,5$
9. $k = 1,2$
10. $j = 1,2,3$

DMU 2

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min}\theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 3$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – slack output Y1=output Y1 DMU 2)

2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 9.30$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 2)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 187.5\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X1 DMU 2 = 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 3\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X2 DMU 2 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 60\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X3 DMU 2 = 0)
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)
7. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
8. $r = 1,2,3,4,5$
9. $k = 1,2$
10. $j = 1,2,3$

DMU 3

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min}\theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 1.5$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 3)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 187.5$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 3)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 945\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 3+*slackinput* X1 DMU 3= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 2.5\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 3+*slackinput* X2 DMU 3 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 65\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 3+*slackinput* X3 DMU 3 = 0)
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)
7. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
8. $r = 1,2,3,4,5$
9. $k = 1,2$
10. $j = 1,2,3$

DMU 4

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min}\theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 1$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 4)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 162.5$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 4)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 187.5\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X1 DMU 4= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 2\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X2 DMU 4 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 43.33\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X3 DMU 4 = 0)
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)
7. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
8. $r = 1,2,3,4,5$
9. $k = 1,2$
10. $j = 1,2,3$

DMU 5

Efisiensi relatif minimum

$$\text{Min}\theta - 0.0009s_1^+ - 0.0009s_2^+ - 0.0009s_1^- - 0.0009s_2^- - 0.0009s_3^-$$

Subject to

1. $0.5\lambda_1 + 3\lambda_2 + 1.5\lambda_3 + 1\lambda_4 + 28\lambda_5 - s_1^+ = 28$
(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 5)
2. $6.44\lambda_1 + 9.30\lambda_2 + 187.5\lambda_3 + 162.5\lambda_4 + 226\lambda_5 - s_2^+ = 226$
(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 5)
3. $5.56\lambda_1 + 187.5\lambda_2 + 945\lambda_3 + 187.5\lambda_4 + 333\lambda_5 - 333\theta + s_1^- = 0$
(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 5+*slackinput* X1 DMU 5= 0)
4. $1.52\lambda_1 + 3\lambda_2 + 2.5\lambda_3 + 2\lambda_4 + 10\lambda_5 - 10\theta + s_2^- = 0$
(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 5+*slackinput* X2 DMU 5 = 0)
5. $75\lambda_1 + 60\lambda_2 + 65\lambda_3 + 43.33\lambda_4 + 46.2\lambda_5 - 46.2\theta + s_3^- = 0$
(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 5+*slackinput* X3 DMU 5 = 0)
6. $\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 = 1$
(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)
7. $\lambda_r, s_k^+, s_j^- \geq 0$
8. $r = 1,2,3,4,5$

9. $k = 1,2$

10. $j = 1,2,3$

Setelah melakukan perhitungan model VRS dengan menggunakan *software* LINDO 6.1 maka akan mendapatkan nilai efisiensi relatif, *technical efficiency* (TE) dan *slack* variabel. Rekapitulasi hasil perhitungan model VRS dengan *software* LINDO 6.1 akan ditampilkan dalam tabel 4.19.

Tabel 4.19 Nilai $\emptyset$, TE dan *Slack Variabel* model VRS

No	DMU	$\emptyset$	TE VRS	Slack Variabel
1	DMU 1	1	1	
2	DMU 2	0.7328824	1,364475	$S_{O1} = 0.011122$ $S_{I1} = 0.001494$ $S_{I3} = 0.008241$
3	DMU 3	0.4386478	2,279733	$S_{O2} = 0.005406$ $S_{I2} = 0.035500$
4	DMU 4	1	1	
5	DMU 5	1	1	

Dari tabel 4.19 dapat dilihat bahwa perhitungan model VRS menunjukkan DMU 1, DMU 4 dan DMU 5 berada pada kondisi efisien atau optimal dengan nilai 1. Sedangkan pada DMU 2 dan DMU 3 menunjukkan bahwa DMU tidak berada pada kondisi efisien dengan nilai efisiensi sebesar 0.7328824 dan 0.4386478. Pada DMU 2 terdapat *slack* pada variabel *output* (Y1) yaitu sebesar 0.011122 dan *slack* pada variabel *input* X3 (0.008241) dan X1 (0.001494). Sedangkan pada DMU 3 juga terdapat *slack* pada variabel *input* (X2) sebesar 0.035500 dan *slack* pada variabel *output* (Y2) yaitu sebesar 0.005406. Nilai TE didapatkan dari $1/z$, yaitu nilai optimal (1) dibagi dengan nilai efisiensi VRS pada masing-masing DMU. Sehingga dapat dilihat pada tabel 4.8 bahwa TE pada DMU 1, DMU 4 dan DMU 5 bernilai 1, artinya DMU berada kondisi yang optimal. Sedangkan pada DMU 2, nilai TE yang di dapatkan adalah 1,364475. Nilai TE untuk DMU 3 adalah $(1/0.4386478)$ yaitu sebesar 2,279733.

4.2.4 Scale Efficiency (SE)

Untuk mendapatkan nilai dari *Technical Efficiency* (TE) maka terlebih dahulu akan dilakukan perhitungan model CRS dan VRS. Dari perhitungan model CRS dan VRS maka akan didapatkan nilai *Technical Efficiency* (TE) yang digunakan untuk menghitung nilai *Scale Efficiency* (SE). Nilai TE didapatkan dari pembagian nilai efisiensi optimum (1) dengan nilai efisiensi masing-masing DMU baik menggunakan model CRS *Dual* ataupun dengan model VRS. Untuk mendapatkan nilai SE masing-masing DMU, maka nilai $TE_{CRS\ Dual}$ dibagi dengan TE_{VRS} . Nilai $TE_{CRS\ Dual}$, TE_{VRS} dan SE akan ditampilkan dalam tabel 4.20.

Tabel 4.20 *Technical Efficiency CRSdual, Technical Efficiency VRS, dan SE*

No	DMU	$TE_{CRSdual}$	TE_{VRS}	Scale Efficiency (SE)	Keterangan
1	DMU 1	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$
2	DMU 2	3,325219	1,364475	2,436994	$TE_{VRS} < SE$ Dipengaruhi oleh perkembangan SE
3	DMU 3	3,050574	2,279733	1,338127	$TE_{VRS} > SE$ Dipengaruhi oleh efisiensi teknis murni (TE_{VRS})
4	DMU 4	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$
5	DMU 5	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$

Dari tabel 4.20 diatas dapat dilihat nilai TE_{VRS} dan SE pada masing-masing DMU. Pada DMU 2, nilai $TE_{VRS} < SE$, hal ini menunjukkan bahwa perubahan efisiensi DMU 2 dipengaruhi oleh perkembangan SE. Sedangkan untuk DMU 3, $TE_{VRS} > SE$ artinya adalah pada DMU 3 perubahan efisiensi dipengaruhi oleh teknis murni (TE_{VRS}).

4.2.5 Peer Group (PG)

Setelah dilakukan perhitungan CRS dan VRS, terdapat 2 DMU yang tidak berada pada kondisi optimal atau inefisien. Oleh sebab itu, DMU yang inefisien ini akan diperbaiki tingkat efisiensinya berdasarkan kepada DMU yang efisien dengan membentuk *peer*

group. *Peer Group* dibentuk dengan *Hierarchical Cluster Analysis* yang menggunakan *software* SPSS 18.0 dengan melihat jarak *squared euclidean* terdekat antar DMU, maka DMU yang tidak efisien akan dilakukan perbaikan. Tabel *Proximity Matrix* akan ditampilkan pada tabel 4.21.

Tabel 4.21 *Proximity Matrix*

Case	<i>Squared Euclidean Distance</i>				
	DMU 1	DMU 2	DMU 3	DMU 4	DMU5
DMU 1	.000	1061102.072	832904.153	1052065.354	617636.264
DMU 2	1061102.072	.000	218566.729	327.040	106705.146
DMU 3	832904.153	218566.729	.000	202979.329	92174.703
DMU 4	1052065.354	327.040	202979.329	.000	99957.224
DMU 5	617636.264	106705.146	92174.703	99957.224	.000

Dari tabel 4.21 diatas, dapat dilihat bahwa DMU yang memiliki jarak terdekat atau terkecil adalah DMU 2 dengan DMU 4 yaitu sebesar 327.040. Sedangkan untuk DMU 3 akan mengacu kepada DMU 5 dengan jarak sebesar 92174.703.

4.2.6 Perbaikan Target

Dari perhitungan dengan model CRS *dual* dan perhitungan model VRS, terdapat 2 DMU yang tidak efisien atau tidak optimal, yaitu DMU 2 dan DMU 3. Oleh sebab itu, maka dilakukan perbaikan target terhadap kedua DMU tersebut dengan menggunakan metode *input-output oriented*, yaitu dengan merubah nilai *input* (pengurangan) dan nilai *output* (penambahan) untuk memperbaiki produktivitas pada DMU yang tidak efisien.

A. Perbaikan Target DMU 2

Dari perhitungan dengan model CRS *dual* dan VRS, DMU 2 digolongkan kedalam DMU yang tidak berada pada kondisi optimal atau efisien. Karena itu, akan dilakukan perbaikan target terhadap DMU 2 dengan menggunakan metode *input-output oriented*. Metode ini akan merubah nilai *input* (pengurangan) dan *output* (penambahan) untuk memperbaiki produktivitas DMU 2 yang tidak efisien. Adapun variabel yang mengalami *slack* dan besar nilai *slack* akan ditampilkan pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 *Slack Variabel DMU 2*

Variabel	Slack Variabel
DMU 2 CRS <i>Dual</i>	$S_{O1} = 0.096554$ $S_{I2} = 0.258183$
DMU 2 VRS	$S_{O1} = 0.011122$ $S_{I1} = 0.001494$ $S_{I3} = 0.008241$

Dari tabel 4.22 diatas dapat dilihat bahwa pada perhitungan model CRS *dual* terdapat 2 *slack* variabel, yaitu pada variabel *input* dan variabel *output*. Pada variabel *input* terdapat *slack* pada X2 (*putaways cycle tme*) sebesar 0.258183 dan pada variabel *output* terdapat *slack* pada Y1 (*order picking cycle time*) sebesar 0.096554. Sedangkan pada perhitungan model VRS terdapat 3 *slack* variabel, yaitu *slack* pada *output* Y1 (*order picking cycle time*) sebesar 0.011122, *slack* pada *input* X3 (*%Location and Cube occupied*) sebesar 0.008241 dan *slack* pada *input* X1 (*receipt per man-hour*) sebesar 0.001494.

Perbaikan target untuk variabel *input* didapatkan dengan cara mengalikan nilai efisiensi dengan nilai aktual kemudian dikurangkan dengan nilai *slack* variabelnya ($X = \theta * X_{ij} - S_i$), sedangkan untuk perbaikan target pada variabel *output* yaitu dengan cara menjumlahkan nilai aktual pada *output* dengan *slack* variabelnya ($Y = Y_{ij} + S_o$).

a. Perbaikan target CRS *dual*

Perbaikan target pada CRS *dual* ini dilakukan pada variabel-variabel yang memiliki nilai *slack* pada perhitungan model CRS *dual* ini.

- 1) Perbaikan target *Order picking cycle time*

$$= Y_1 + S_{o1}$$

$$= 3 + 0.096554$$

$$= 3.096554 \text{ (unit/order)}$$
- 2) Perbaikan target *Putaways cycle time*

$$= (\theta \text{ CRSdual} * X_2) - S_{i2}$$

$$= (0.3007321 * 3) - 0.258183$$

$$= 0,644013 \text{ (unit/jam)}$$

b. Perbaikan target VRS

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Perbaikan target } \textit{Order picking cycle time} &= Y_1 + S_{o1} \\
 &= 3 + 0.011122 \\
 &= 3.011122 \text{ (unit/order)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Perbaikan target } \textit{Receipt per man-hour} &= (\theta \textit{ VRS} * X_1) - S_{i1} \\
 &= (0.7328824 * 187,5) - \\
 &\quad 0.001494 \\
 &= 137,414 \text{ (unit/jam)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3) \text{ Perbaikan target } \% \textit{Location and Cube occupied} &= (\theta \textit{ VRS} * X_3) - S_{i3} \\
 &= (0.7328824 * 60) - 0.008241 \\
 &= 43,9647 \%
 \end{aligned}$$

Untuk hasil rekapitulasi perhitungan perbaikan target pada DMU 2 akan ditampilkan pada tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perbaikan target DMU 2

Variabel	Simbol	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Target VRS
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	X1	187,5	187,5	137,414
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	X2	3	0,644013	3
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	X3	60	60	43,9647
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	Y1	3	3.096554	3.011122
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	Y2	9,30	9,30	9,30

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa variabel DMU 2 yang mengalami perbaikan target menunjukkan adanya perbedaan nilai terhadap nilai aktualnya, baik dari target CRS *dual* maupun dari target VRS nya. Dari perbedaan ini maka akan diketahui berapa persentase perbaikan atau *improve* yang bisa dicapai pada DMU 2 dari nilai aktualnya.

Untuk persentase *improve* perbaikan target CRS *dual* dan target VRS pada DMU 2 akan ditampilkan dalam tabel 4.24 dan tabel 4.25.

Tabel 4.24 Persentase *improve* perbaikan Target model CRS *dual* pada DMU 2

Variabel	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Selisih aktual dan target	Improve (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	187,5	187,5	0	0%
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	3	0,644013	2,355987	78,5329%
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	60	60	0	0%
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	3	3.096554	0,096554	3,218466667 %
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	9,30	9,30	0	0%

Tabel 4.25 Persentase *improve* perbaikan Target model VRS pada DMU 2

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	187,5	137,414	50,086	26,713 %
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	3	3	0	0 %
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	60	43,9647	16,035	26,726 %
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	3	3,011122	0,011	0,371 %
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	9,30	9,30	0	0 %

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, DMU 2 memiliki 2 solusi untuk perbaikan target, yaitu target CRS *dual* dan target VRS. Untuk pemilihan target dilihat dari nilai $TE_{VRS} < SE$, hal ini menunjukkan bahwa perubahan efisiensi DMU 2 dipengaruhi oleh perkembangan SE. Oleh sebab itu perbaikan target mengacu kepada target VRS, karena efisiensi tidak dipengaruhi oleh efisiensi teknik murni.

B. Perbaikan Target DMU 3

Dari perhitungan dengan model CRS *dual* dan VRS, DMU 3 juga digolongkan kedalam DMU yang tidak berada pada kondisi optimal atau efisien. Karena itu, akan dilakukan perbaikan target terhadap DMU 3 dengan menggunakan metode *input-output oriented*. Metode ini akan merubah nilai *input* (pengurangan) dan *output* (penambahan) untuk memperbaiki produktivitas DMU 3 yang tidak efisien. Adapun variabel yang mengalami *slack* dan besar nilai *slack* akan ditampilkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.26 *slack* variabel DMU 3

Variabel	Slack Variabel
DMU 3 CRS <i>Dual</i>	$S_{O1} = 0.010942$
	$S_{O2} = 0.000754$
	$S_{I2} = 0.035500$
DMU 3 VRS	$S_{O2} = 0.005406$
	$S_{I2} = 0.035500$

Dari tabel 4.26 diatas dapat dilihat bahwa pada perhitungan model CRS *dual* terdapat 3 *slack* variabel, yaitu pada variabel *input* dan variabel *output*. Pada variabel *input* terdapat *slack* pada X2 (*putaways cycle tme*) sebesar 0.035500 dan pada variabel *output* terdapat *slack* pada Y1 (*order picking cycle time*) sebesar 0.010942 dan Y2 (*Order prepared for shipment per man-hour*) sebesar 0.000754 . Sedangkan pada perhitungan model VRS terdapat 2 *slack* variabel, yaitu *slack* pada *output* Y2 (*Order prepared for shipment per man-hour*) sebesar 0.005406, dan *slack* pada *input* X2 (*putaways cycle tme*) sebesar 0.035500.

Perbaikan target untuk variabel *input* didapatkan dengan cara mengalikan nilai efisiensi dengan nilai aktual kemudian dikurangkan dengan nilai *slack* variabelnya ($X = \theta * X_{ij} - S_i$), sedangkan untuk perbaikan target pada variabel *output* yaitu dengan cara menjumlahkan nilai aktual pada *output* dengan *slack* variabelnya ($Y = Y_{ij} + S_o$).

a. Perbaikan target CRS *dual*

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Perbaikan target Order picking cycle time} &= Y_1 + S_{o1} \\
 &= 1,5 + 0.010942
 \end{aligned}$$

$$= 1,596554 \text{ (unit/order)}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Perbaikan target } \textit{Order prepared for shipment per man-hour} &= Y_2 + S_{o2} \\ &= 187,5 + 0,000754 \\ &= 187,500754 \text{ (unit/jam)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \text{ Perbaikan target target } \textit{Putaways cycle time} &= (\theta \textit{ CRSdual} * X_2) - S_{i2} \\ &= (0,3278072 * 2,5) - 0,035500 \\ &= 0,784018 \text{ (unit/jam)} \end{aligned}$$

b. Perbaikan target VRS

$$\begin{aligned} 1) \text{ Perbaikan target } \textit{Order prepared for shipment per man-hour} &= Y_2 + S_{o2} \\ &= 187,5 + 0,005406 \\ &= 187,505406 \text{ unit/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \text{ Perbaikan target } \textit{Putaways cycle time} &= (\theta \textit{ VRS} * X_2) - S_{i2} \\ &= (0,4386478 * 2,5) - \\ &\quad 0,035500 \\ &= 1,061120 \text{ unit/jam} \end{aligned}$$

Untuk hasil rekapitulasi perhitungan perbaikan target pada DMU 3 akan ditampilkan pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Perbaikan target DMU 3

Variabel	Simbol	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Target VRS
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	X1	945	945	945
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	X2	2,5	0,784018	1,061120
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	X3	65	65	65
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	Y1	1,5	1,596554	1,5
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	Y2	187,5	187,500754	187,505406

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa variabel DMU 3 yang mengalami perbaikan target menunjukkan adanya perbedaan nilai terhadap nilai aktualnya, baik dari target CRS *dual* maupun dari target VRS nya. Dari perbedaan ini maka akan diketahui berapa persentase perbaikan atau *improve* yang bisa dicapai pada DMU 3 dari nilai aktualnya. Untuk persentase *improve* perbaikan target CRS *dual* dan target VRS pada DMU 3 akan ditampilkan dalam tabel 4.28 dan tabel 4.29.

Tabel 4.28 Persentase *improve* perbaikan Target model CRS *dual* pada DMU 3

Variabel	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Selisih aktual dan target	Improve (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	945	945	0	0%
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	2,5	0,784018	1,715982	68,63928 %
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	65	65	0	0%
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	1,5	1,596554	0,096554	6,43693 %
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	187,5	187,500754	0,000754	0,000402133%

Tabel 4.29 Persentase *improve* perbaikan Target model VRS pada DMU 3

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	945	945	0	0 %
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	2,5	1,061120	1,43888	57,5552 %
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	65	65	0	0 %
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	1,5	1,5	0	0 %
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	187,5	187,505406	0,005406	0,0028832 %

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, DMU 2 memiliki 2 solusi untuk perbaikan target, yaitu target CRS *dual* dan target VRS. Untuk pemilihan target dilihat dari nilai $TE_{VRS} > SE$ artinya adalah pada DMU 3 perubahan efisiensi dipengaruhi oleh teknis murni (TE_{VRS}). Oleh sebab itu perbaikan target mengacu kepada target CRS *dual*, karena efisiensi dipengaruhi oleh efisiensi teknik murni.

4.2.7 Analisis Sensitivitas

A. Analisis Sensitivitas DMU 2

Analisis sensitivitas digunakan untuk melihat perubahan peningkatan efisiensi yang terjadi pada DMU 2 setelah dilakukannya perbaikan target. Untuk sebagai acuan perbaikannya digunakan nilai *dual price* dikarenakan suatu fungsi pembatas akan mengikat fungsi tujuan jika mempunyai nilai tersebut. Nilai *dual price* dan besarnya kontribusi perbaikan terhadap peningkatan efisiensi relatif CRS *dual* akan ditampilkan dalam tabel 4.19.

Tabel 4.30 *Dual Price* dan kontribusi terhadap $\emptyset$ CRS *dual* DMU 2

DMU	Variabel	<i>Dual Price</i>	<i>Improve</i>	Kontribusi terhadap $\emptyset$	Peningkatan $\emptyset$
DMU 2	Y1	-0,097454	2,355987	-0,009409574	0,291322526
CCR	X2	0,259083	0,096554	0,61039618	0,91112828
<i>dual</i>					
$\emptyset$ CCR <i>dual</i> DMU 2 =		$\sum$ Kontribusi terhadap $\emptyset$		Efisiensi perbaikan =	
0.3007321		= 0,600986606		0,901718706	

Nilai *dual price* yang digunakan pada tabel 4.30 adalah nilai *dual price* yang terdapat pada hasil perhitungan model CRS *dual* pada DMU 2 karena analisis sensitivitas pada tabel diatas adalah analisis sensitivitas perbaikan target dengan menggunakan model CRS *dual*. Nilai *improve* didapatkan dengan cara mengurangi nilai aktual dengan nilai target perbaikan sesuai dengan variabel nya. Untuk menghitung kontribusi perbaikan target terhadap peningkatan nilai efisiensi yaitu dengan cara mengalikan nilai *improve* dengan *dual price*, sehingga dapat dilihat peningkatan efisiensinya sebesar kontribusi variabel yang bersangkutan dari nilai efisiensi awal. Total kontribusi perbaikan target terhadap nilai efisiensi adalah 0.600986606 didapatkan dari penjumlahan nilai *improve* pada variabel Y1 dan X2. Besarnya nilai *improve* yang akan dijumlahkan dengan efisiensi awal yaitu 0.3007321 akan menyebabkan DMU melakukan perbaikan sesuai dengan penetapan target yang ada, maka DMU akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.901718706. Selanjutnya akan menghitung nilai *dual price* dan besarnya kontribusi perbaikan terhadap peningkatan nilai efisiensi relatif VRS akan ditampilkan dalam tabel 4.31 berikut.

Tabel 4.31 *Dual Price* dan kontribusi terhadap $\emptyset$ VRS DMU 2

DMU	Variabel	<i>Dual Price</i>	<i>Improve</i>	Kontribusi terhadap $\emptyset$	Peningkatan $\emptyset$
DMU 2	Y1	-0,12022	0,011	-0,00132242	0,73155998
VRS	X1	0,002394	50,086	0,119905884	0,852788284
	X3	0,009141	16,035	0,146575935	0,879458335
$\emptyset$ VRS DMU 2 = 0.7328824		$\sum$ Kontribusi terhadap $\emptyset$ = 0,265159399		Efisiensi perbaikan = 0,998041799	

Nilai *dual price* yang digunakan pada tabel 4.31 adalah nilai *dual price* yang terdapat pada hasil perhitungan model VRS *dual* pada DMU 2 karena analisis sensitivitas pada tabel diatas adalah analisis sensitivitas perbaikan target dengan menggunakan model VRS. Nilai *improve* didapatkan dengan cara mengurangi nilai aktual dengan nilai target perbaikan sesuai dengan variabel nya. Untuk menghitung kontribusi perbaikan target terhadap peningkatan nilai efisiensi yaitu dengan cara mengalikan nilai *improve* dengan *dual price*, sehingga dapat dilihat peningkatan efisiensinya sebesar kontribusi variabel yang bersangkutan dari nilai efisiensi awal. Total kontribusi perbaikan target terhadap nilai efisiensi adalah 0.265159399 didapatkan dari penjumlahan nilai *improve* pada variabel Y1, X1 dan X3. Besarnya nilai *improve* yang akan dijumlahkan dengan efisiensi awal VRS yaitu 0.7328824 akan menyebabkan DMU melakukan perbaikan sesuai dengan penetapan target yang ada, maka DMU akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.998041799

Pada tabel 4.30 dan tabel 4.31, pada perhitungan *dual price* nya terdapat nilai *dual price* yang positif dan nilai negatif. Pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model CRS *dual* terdapat variabel Y1 bernilai negatif dan variabel X2 bernilai positif. Sedangkan pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model VRS terdapat variabel Y1 bernilai negatif, X1 bernilai positif dan X3 bernilai positif. Bernilai positif maksudnya setiap kenaikan 1 satuan pada variabel tersebut akan meningkatkan efektivitas DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya. Sedangkan *dual price* yang bernilai negatif, artinya setiap kenaikan 1 satuan pada variabel tersebut akan menurunkan tingkat efisiensi DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya.

Tabel 4.30 dan tabel 4.31 menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan terhadap DMU 2 yang tidak efisien mengalami peningkatan efektivitas setelah dilakukannya

perbaikan. Pada tabel 4.31 dapat dilihat perbaikan target mengacu kepada target VRS lebih efektif dibandingkan dengan target menggunakan model CRS *dual*.

DMU 2

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan } \emptyset &= \emptyset \text{ DMU 2} + \text{Total Kontribusi Peningkatan terhadap } \emptyset \\
 &= 0.7328824 + 0,265159399 \\
 &= 0,998041799
 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perbaikan yang mengacu kepada model VRS, maka efisiensi relatif DMU 2 bisa menjadi lebih efisien.

B. Analisis Sensitivitas DMU 3

Analisis sensitivitas digunakan untuk melihat perubahan peningkatan efisiensi yang terjadi pada DMU 3 setelah dilakukannya perbaikan target. Untuk sebagai acuan perbaikannya nya digunakan nilai *dual price* dikarenakan suatu fungsi pembatas akan mengikat fungsi tujuan jika mempunyai nilai tersebut. Nilai *dual price* dan besarnya kontribusi perbaikan terhadap peningkatan efisiensi relatif CRS *dual* akan ditampilkan dalam tabel 4.32.

Tabel 4.32 *Dual Price* dan kontribusi terhadap $\emptyset$ CRS *dual* DMU 3

DMU	Variabel	<i>Dual Price</i>	<i>Improve</i>	Kontribusi terhadap $\emptyset$	Peningkatan $\emptyset$
DMU 3	Y1	-0,011842	0,096554	-0,001143392	0,326663808
CCR	Y2	-0,001654	0,000754	-1,24712E-06	0,327805953
<i>dual</i>	X2	0,036400	1,715982	0,062461745	0,390268945
$\emptyset$ CCR <i>dual</i> DMU 3 = 0,3278072		$\sum$ Kontribusi terhadap $\emptyset$ = 0,061317105		Efisiensi perbaikan = 0,389124305	

Nilai *dual price* yang digunakan pada tabel 4.32 adalah nilai *dual price* yang terdapat pada hasil perhitungan model CRS *dual* pada DMU 3 karena analisis sensitivitas pada tabel diatas adalah analisis sensitivitas perbaikan target dengan menggunakan model CRS *dual*. Nilai *improve* didapatkan dengan cara mengurangkan nilai aktual dengan nilai target perbaikan sesuai dengan variabel nya. Untuk menghitung kontribusi perbaikan target terhadap peningkatan nilai efisiensi yaitu dengan cara mengalikan nilai *improve* dengan *dual price*, sehingga dapat dilihat peningkatan efisiensinya sebesar kontribusi

variabel yang bersangkutan dari nilai efisiensi awal. Total kontribusi perbaikan target terhadap nilai efisiensi adalah 0,061317105 didapatkan dari penjumlahan nilai *improve* pada variabel Y1, Y2 dan X2. Besarnya nilai *improve* yang akan dijumlahkan dengan efisiensi awal yaitu 0.3278072 akan menyebabkan DMU melakukan perbaikan sesuai dengan penetapan target yang ada, maka DMU akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.389124305. Selanjutnya akan menghitung nilai *dual price* dan besarnya kontribusi perbaikan terhadap peningkatan nilai efisiensi relatif VRS akan ditampilkan dalam tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.33 *Dual Price* dan kontribusi terhadap Ø VRS DMU 3

DMU	Variabel	<i>Dual Price</i>	<i>Improve</i>	Kontribusi terhadap Ø	Peningkatan Ø
DMU 3	Y2	-0,006306	0,005406	-3,40902E-05	0,43861371
VRS	X2	0,036400	1,43888	0,052375232	0,491023032
Ø VRS DMU 3 = 0,4386478		$\sum$ Kontribusi terhadap Ø = 0,052341142		Efisiensi perbaikan = 0,490988942	

Nilai *dual price* yang digunakan pada tabel 4.33 adalah nilai *dual price* yang terdapat pada hasil perhitungan model VRS *dual* pada DMU 3 karena analisis sensitivitas pada tabel diatas adalah analisis sensitivitas perbaikan target dengan menggunakan model VRS. Nilai *improve* didapatkan dengan cara mengurangi nilai aktual dengan nilai target perbaikan sesuai dengan variabel nya. Untuk menghitung kontribusi perbaikan target terhadap peningkatan nilai efisiensi yaitu dengan cara mengalikan nilai *improve* dengan *dual price*, sehingga dapat dilihat peningkatan efisiensinya sebesar kontribusi variabel yang bersangkutan dari nilai efisiensi awal. Total kontribusi perbaikan target terhadap nilai efisiensi adalah 0.052341142 didapatkan dari penjumlahan nilai *improve* pada variabel Y2 dan X2. Besarnya nilai *improve* yang akan dijumlahkan dengan efisiensi awal VRS yaitu 0.4386478 akan menyebabkan DMU melakukan perbaikan sesuai dengan penetapan target yang ada, maka DMU akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.490988942.

Pada tabel 4.32 dan tabel 4.33, pada perhitungan *dual price* nya terdapat nilai *dual price* yang positif dan nilai negatif. Pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model CRS *dual* terdapat variabel Y1 dan Y2 bernilai negatif dan variabel X2 bernilai positif. Sedangkan pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model

VRS terdapat variabel Y2 bernilai negatif dan X2 bernilai positif. Bernilai positif maksudnya setiap kenaikan 1 satuan pada variabel tersebut akan meningkatkan efektivitas DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya. Sedangkan *dual price* yang bernilai negatif, artinya setiap kenaikan 1 satuan pada variabel tersebut akan menurunkan tingkat efisiensi DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya.

Tabel 4.32 dan tabel 4.33 menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan terhadap DMU 3 yang tidak efisien mengalami peningkatan efektivitas setelah dilakukannya perbaikan. Pada tabel 4.32 dapat dilihat perbaikan target mengacu kepada target CRS.

DMU 3

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan } \emptyset &= \emptyset \text{ DMU 3} + \text{Total Kontribusi Peningkatan terhadap } \emptyset \\
 &= 0,3278072 + 0,061317105 \\
 &= 0,389124305
 \end{aligned}$$

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 *Constant Return to Scale (CRS) Primal*

CCR Primal atau CRS Primal digunakan untuk mengukur tingkat efisiensi masing-masing DMU yang kemudian menghasilkan nilai efisiensi relatif untuk masing-masing

DMU. Dalam perhitungan CRS Primal, nilai efisiensi relatif didapatkan dengan cara membandingkan efisiensi DMU yang lainnya dengan cara menggunakan nilai efisiensi DMU lain sebagai batasan dalam menghitung efisiensi relatif DMU yang akan dihitung, sehingga menghasilkan batasan *input* dan *output* harus memiliki hubungan linier. Jika sebuah DMU memiliki nilai efisiensi 1, maka DMU tersebut dikatakan efisien, sedangkan DMU yang memiliki nilai yang kurang dari 1, DMU tersebut dikatakan kurang efisien.

5.1.1 Technical Efficiency CRS DMU 1

Nilai efisiensi yang dihasilkan oleh DMU 1 yaitu sebesar 1 atau 100%. Hal ini menunjukkan bahwa target masing-masing variabel DMU 1 telah tercapai. Untuk variabel *Receipt per man-hour* (X1) sebesar 5,56 unit/jam, *Putaways cycle time* (X2) sebesar 1,52 unit/jam, *%Location and cube occupied* (X3) sebesar 75 %, *Order Picking cycle time* (Y1) sebesar 0,5 unit/order dan *Order prepared for shipment per man-hour* (Y2) sebesar 6,44 unit/jam.

5.1.2 Technical Efficiency CRS DMU 2

Nilai efisiensi yang dihasilkan oleh DMU 2 yaitu sebesar 0.3571429. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variabel-variabel DMU 2 yang belum mencapai target. Target masing-masing variabel DMU 2 dapat dilihat pada tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5.1 Target masing-masing variabel DMU 2

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)	Achieved (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	187,5	137,414	50,086	26,713	73,287
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	3	3	0	0	0

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)	Achieved (%)
<i>%Location and Cube occupied (%)</i>	60	43,9647	16,035	26,726	73,274
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	3	3,011122	0,011	0,371	99,629
<i>Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)</i>	9,30	9,30	0	0	0

DMU 2 tidak efisien berasal dari variabel *input* (*Receipt per man-hour* dan *%Location and Cube occupied*) dan *output* (*Order picking cycle time*). Tingkat efisiensi baik *Receipt per man-hour* maupun *%Location and cube occupied* hanya mencapai 73,287 % dan 73,274 %. Hal ini menjadikan perlunya perbaikan tingkat efisiensi sebesar 26,713 % (*Receipt per man-hour*) dan 26,726 % (*%Location and cube occupied*). Jumlah *input* yang digunakan sebesar 187,5 unit/jam (*Receipt per man-hour*) dan 60 % (*%Location and cube occupied*), namun targetnya hanya membutuhkan sebesar 137,414 unit/jam (*Receipt per man-hour*) dan 43,9647 % (*%Location and cube occupied*). Adapun *output* mempunyai tingkat efisiensi 99,629 % (*Order picking cycle time*), oleh karena itu perbaikan dilakukan sebesar 0,371 % (*Order picking cycle time*).

5.1.3 Technical Efficiency CRS DMU 3

Nilai efisiensi yang dihasilkan oleh DMU 3 yaitu sebesar 0.9606383. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat variabel-variabel DMU 3 yang belum mencapai target. Target masing-masing variabel DMU 3 dapat dilihat pada tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5.2 Target masing-masing variabel DMU 3

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)	Achieved (%)
<i>Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	945	945	0	0	0
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	2,5	0,784018	1,715982	68,634	31,366

Variabel	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih aktual dan target	Improve (%)	Achieved (%)
%Location and Cube occupied (%)	65	65	0	0	0
Order picking cycle time (unit/order)	1,5	1,596554	0,096554	6,436	93,564
Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)	187,5	187,500754	0,000754	0	0

DMU 3 tidak efisien berasal dari variabel *input* (*putaway cycle time*) dan *output* (*Order picking cycle time*). Tingkat efisiensi baik *putaway cycle time* maupun *Order picking cycle time* hanya mencapai 31,366 % dan 93,564 %. Hal ini menjadikan perlunya perbaikan tingkat efisiensi sebesar 68,634 % (*putaway cycle time*) dan 6,436 % (*Order picking cycle time*). Jumlah *input* yang digunakan sebesar 2,5 unit/jam (*putaway cycle time*), namun targetnya hanya membutuhkan sebesar 0,784018 unit/jam (*putaway cycle time*). Adapun *output* mempunyai tingkat efisiensi 93,564 % (*Order picking cycle time*), oleh karena itu perbaikan dilakukan sebesar 6,436 % (*Order picking cycle time*).

5.1.4 Technical Efficiency CRS DMU 4

Nilai efisiensi yang dihasilkan oleh DMU 4 yaitu sebesar 1 atau 100%. Hal ini menunjukkan bahwa target masing-masing variabel DMU 1 telah tercapai. Untuk variabel *Receipt per man-hour* (X1) sebesar 187,5 unit/jam, *Putaways cycle time* (X2) sebesar 2 unit/jam, *%Location and cube occupied* (X3) sebesar 43,33 %, *Order Picking cycle time* (Y1) sebesar 1 unit/order dan *Order prepared for shipment per man-hour* (Y2) sebesar 162,5 unit/jam.

5.1.5 Technical Efficiency CRS DMU 5

Nilai efisiensi yang dihasilkan oleh DMU 5 yaitu sebesar 1 atau 100%. Hal ini menunjukkan bahwa target masing-masing variabel DMU 5 telah tercapai. Untuk variabel *Receipt per man-hour* (X1) sebesar 333 unit/jam, *Putaways cycle time* (X2) sebesar 10 unit/jam, *%Location and cube occupied* (X3) sebesar 46,2 %, *Order Picking*

cycle time (Y1) sebesar 28 unit/order dan *Order prepared for shipment per man-hour* (Y2) sebesar 226 unit/jam.

5.1.6 Variable Return to Scale (VRS) DMU

Perhitungan menggunakan model VRS merupakan penyempurnaan dari model CRS *dual* dengan menambahkan nilai *convexity constrain* atau nilai konveksitasnya dengan $\sum_{r=1}^n \lambda_r = 1$, yaitu pembatas bobot DMU yang menunjukkan efisiensi teknis murni. Pada perhitungan VRS, terdapat 2 DMU yang memiliki nilai efisiensi kurang dari satu atau tidak efisien. Pertama adalah DMU 2, pada DMU 2 nilai efisiensi relatif VRS yang dihasilkan adalah sebesar 0.7328824. Pada kondisi ini DMU tidak berada pada kondisi efisien. Sedangkan *slack* yang dihasilkan oleh DMU 2 terdapat pada SO_1 sebesar 0,011122, SI_3 sebesar 0,008241 dan SI_1 sebesar 0,001494. Sedangkan pada DMU 3, nilai efisiensi relatif VRS yang dihasilkan adalah sebesar 0.4386478. Pada kondisi ini DMU tidak berada pada kondisi efisien. Sedangkan *slack* yang dihasilkan oleh DMU 3 terdapat pada SI_2 sebesar 0,035500 dan SO_2 sebesar 0,005406.

5.1.7 Scale Efficiency (SE)

Scale Efficiency (SE) digunakan untuk meminimalisir kesalahan perhitungan efisiensi teknis dari perhitungan CRS dan VRS akibat DMU tidak berjalan pada kondisi yang optimal. *Scale Efficiency* didapatkan dengan membagi $TE_{CRS\ Dual}$ dengan TE_{VRS} . Untuk mendapatkan nilai $TE_{CRS\ Dual}$ dan nilai TE_{VRS} , akan digunakan ketentuan $1/z$, dimana 1 adalah nilai optimum efisiensi dibagi dengan z adalah efisiensi pada masing-masing TE. Pada DMU 2, didapatkan hasil $TE_{CRS\ Dual}$ sebesar 3,325219 dan TE_{VRS} sebesar 1,364475. Untuk menghitung nilai SE DMU 2 dengan membagi $TE_{CRS\ Dual}$ (3,325219) dengan TE_{VRS} (1,364475), maka didapatkan hasil SE sebesar 2,436994. Pada kondisi ini, $TE_{VRS} < SE$ hal ini dikarenakan oleh efisiensi DMU 2 dipengaruhi oleh perkembangan SE. Sedangkan pada DMU 3, didapatkan hasil $TE_{CRS\ Dual}$ sebesar 3,050574 dan TE_{VRS} sebesar 2,279733. Untuk menghitung nilai SE DMU 3 dengan membagi $TE_{CRS\ Dual}$ (3,050574)

dengan TE_{VRS} (2,279733), maka didapatkan hasil SE sebesar 1,338127. Pada kondisi ini, $TE_{VRS} > SE$ hal ini dikarenakan oleh efisiensi DMU 3 dipengaruhi oleh teknis murni.

5.1.8 Peer Group

Peer Group merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk menjadikan satu atau lebih DMU sebagai acuan untuk peningkatan nilai efisiensi DMU yang tidak efisien. Hal ini dilakukan dengan cara *Hierarchical Cluster Analysis* dengan menggunakan *software* SPSS 18.0, yaitu dengan cara melihat *squared euclidean* terdekat untuk masing-masing DMU. Semakin kecil jarak antar DMU tersebut, maka akan dijadikan sebagai acuan dan dianggap mirip dengan DMU tersebut. Pada DMU 2, jarak antara DMU 2 dengan DMU 1 adalah 1061102.072, jarak DMU 2 dengan DMU 3 adalah 218566.729, jarak DMU 2 dengan DMU 4 adalah 327.040 dan jarak DMU 2 dengan DMU 5 adalah 106705.146. Dari jarak masing-masing DMU dengan DMU 2, yang memiliki jarak terkecil adalah DMU 4 yaitu sebesar 327.040, maka DMU 4 akan dijadikan acuan untuk perbaikan target. Sedangkan Pada DMU 3, jarak antara DMU 3 dengan DMU 1 adalah 832904.153, jarak DMU 3 dengan DMU 2 adalah 218566.729, jarak DMU 3 dengan DMU 4 adalah 202979.329 dan jarak DMU 3 dengan DMU 5 adalah 92174.703. Dari jarak masing-masing DMU dengan DMU 3, yang memiliki jarak terkecil adalah DMU 5 yaitu sebesar 92174.703, maka DMU 5 akan dijadikan sebagai acuan untuk perbaikan target.

5.1.9 Perbaikan Target

A. Perbaikan Target pada DMU 2

Perbaikan target DMU 2 dilakukan dengan menggunakan metode *input-output oriented*. Metode ini akan merubah nilai *input* (pengurangan) dan *output* (penambahan) untuk memperbaiki produktivitas DMU 2 yang tidak efisien. Perbaikan target untuk variabel *input* didapatkan dengan cara mengalikan nilai efisiensi dengan nilai aktual kemudian dikurangkan dengan nilai *slack* variabelnya ($X = \theta * X_{ij} - S_i$), sedangkan untuk perbaikan target pada variabel *output* yaitu dengan cara menjumlahkan nilai aktual pada

output dengan *slack* variabelnya ($Y = Y_{ij} + S_o$). Perbaikan target dilakukan dengan menggunakan 2 model, yaitu model CRS *dual* dan model VRS.

Pada model CRS *dual* perbaikan target dilakukan pada variabel *output* Y_1 (*Order picking cycle time*), dan pada variabel *input* X_2 (*Putaways cycle time*). Pada variabel *Order picking cycle time* dari 3 unit/order mengalami penambahan menjadi 3.096554 unit/order, pada variabel *input Putaways cycle time* dari 3 unit/jam mengalami pengurangan menjadi 0,644013 unit/jam. Sedangkan perbaikan target yang dilakukan dengan model VRS adalah variabel *output* Y_1 (*Order picking cycle time*), pada variabel *input* X_1 (*Receipt per man-hour*), dan pada variabel X_3 (*%Location and Cube occupied*), pada *output Order picking cycle time* dari 3 unit/order mengalami penambahan menjadi 3.011122 unit/order, pada *input Receipt per man-hour* dari 187,5 unit/jam mengalami penurunan menjadi 137,414 unit/jam, dan pada *input %Location and Cube occupied* juga mengalami penurunan dari 60 % menjadi 43,9647 %. Perbaikan target mengacu kepada model VRS karena $TE_{VRS} < SE$, sehingga perbaikan target menggunakan model VRS karena memiliki nilai efisiensi lebih besar. Perbaikan target yang mengacu pada model VRS akan ditampilkan pada tabel 5.1.

Tabel 5.3 Perbaikan Target dan Solusi perbaikan DMU 2

Variabel Inefisien	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Solusi Perbaikan
Y1	3 unit/order	3.011122 unit/order	Tidak diberikan solusi, karena perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Menambah pekerja sebanyak 1 orang, sehingga dapat mengurangi beban pekerja pada saat <i>receiving</i> barang dan mengantisipasi terjadinya resiko kecelakaan pada pekerja. Mengurangi area untuk penyimpanan supaya bisa digunakan untuk keperluan lain, karena masih terdapat <i>space</i> yang tidak digunakan.
X1	187,5 unit/jam	137,414 unit/jam	
X3	60 %	43,9647 %	

B. Perbaikan Target DMU 3

Perbaikan target DMU 3 dilakukan dengan menggunakan metode *input-output oriented*. Metode ini akan merubah nilai *input* (pengurangan) dan *output* (penambahan) untuk memperbaiki produktivitas DMU 3 yang tidak efisien. Perbaikan target untuk variabel *input* didapatkan dengan cara mengalikan nilai efisiensi dengan nilai aktual kemudian dikurangkan dengan nilai *slack* variabelnya ($X = \theta * X_{ij} - S_i$), sedangkan untuk perbaikan target pada variabel *output* yaitu dengan cara menjumlahkan nilai aktual pada *output* dengan *slack* variabelnya ($Y = Y_{ij} + S_o$). Perbaikan target dilakukan dengan menggunakan 2 model, yaitu model CRS *dual* dan model VRS.

Pada model CRS *dual* perbaikan target dilakukan pada variabel *output* Y_1 (*Order picking cycle time*), dan pada variabel *output* Y_2 (*Order prepared for shipment per man-hour*) dan pada variabel *input* X_2 (*Putaways cycle time*). Pada variabel *Order picking cycle time* dari 1,5 unit/order mengalami penambahan menjadi 1,596554 unit/order, pada variabel *output* *Order prepared for shipment per man-hour* dari 187,5 unit/jam mengalami penambahan menjadi 187,500754 unit/jam dan pada variabel *input* *Putaways cycle time* dari 2,5 unit/jam mengalami pengurangan menjadi 0,784018 unit/jam. Sedangkan perbaikan target yang dilakukan dengan model VRS adalah variabel *output* Y_2 (*Order prepared for shipment per man-hour*) dan pada variabel *input* X_2 (*Putaways cycle time*). Pada *output* *Order prepared for shipment per man-hour* dari 187,5 unit/jam mengalami penambahan menjadi 187,505406 unit/jam dan pada *input* *Putaways cycle time* dari 2,5 unit/jam mengalami penurunan menjadi 1,061120 unit/jam. Perbaikan target mengacu kepada model CRS karena $TE_{VRS} > SE$, karena perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh teknis murni. Perbaikan target DMU 3 yang mengacu model CRS akan ditampilkan pada tabel 5.2.

Tabel 5.4 Perbaikan target dan solusi perbaikan DMU 3

Variabel Inefisien	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Solusi Perbaikan
Y1	1,5 unit/order	1,596554 unit/order	Tidak diberikan solusi, karena perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan.
Y2	187,5 unit/jam	187,505406 unit/jam	Tidak diberikan solusi, karena perubahan yang terjadi tidak terlalu signifikan.
X2	2,5 unit/jam	0,784018 unit/jam	Memberikan <i>equipment</i> berupa gerobak angkut kepada pekerja sehingga pekerja dapat

Variabel Inefisien	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Solusi Perbaikan
			memindahkan barang dengan cepat.

5.1.10 Analisis Sensitivitas

A. Analisis Sensitivitas DMU 2

Pada perhitungan menggunakan model CRS *dual*, DMU 2 memiliki 2 variabel yang tidak optimal, yaitu variabel Y1 dan X2. Pada masing-masing variabel memiliki nilai *dual price* masing-masing sebesar -0,097454 dan 0,259083. Artinya setiap kenaikan Y1 sebesar 2,355987 akan menaikkan efisiensi DMU 2 sebesar -0,009409574, sehingga efisiensi relatifnya menjadi 0,291322526. Setiap kenaikan X2 sebesar 0,259083 akan meningkatkan efisiensi DMU 2 sebesar 0,61039618 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,91112828. Sedangkan perhitungan menggunakan model VRS, DMU 2 memiliki 3 variabel yang tidak optimal, yaitu pada variabel Y1, X1 dan X3. Pada masing-masing variabel memiliki nilai *dual price* sebesar -0,12022, 0,002394 dan 0,009141. Artinya setiap kenaikan Y1 sebesar 0,011 akan meningkatkan efisiensi DMU 2 sebesar -0,00132242 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,73155998. setiap kenaikan X1 sebesar 50,086 akan meningkatkan efisiensi DMU 2 sebesar 0,119905884 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,852788284 dan setiap kenaikan X3 sebesar 16,035 akan meningkatkan efisiensi DMU 2 sebesar 0,146575935 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,879458335.

B. Analisis Sensitivitas DMU 3

Pada perhitungan menggunakan model CRS *dual*, DMU 3 memiliki 3 variabel yang tidak optimal, yaitu variabel Y1, Y2 dan X2. Pada masing-masing variabel memiliki nilai *dual price* masing-masing sebesar -0,011842, -0,001654 dan 0,036400. Artinya setiap kenaikan Y1 sebesar 0,096554 akan menaikkan efisiensi DMU 3 sebesar -0,001143392, sehingga efisiensi relatifnya menjadi 0,326663808. Setiap kenaikan Y2 sebesar 0,000754

akan meningkatkan efisiensi DMU 3 sebesar $-1,24712E-06$ sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,327805953 dan setiap kenaikan X_2 sebesar 1,715982 akan meningkatkan efisiensi DMU 3 sebesar 0,062461745 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,390268945. Sedangkan perhitungan menggunakan model VRS, DMU 2 memiliki 2 variabel yang tidak optimal, yaitu pada variabel Y_2 dan X_2 . Pada masing-masing variabel memiliki nilai *dual price* sebesar -0,006306 dan 0,036400. Artinya setiap kenaikan Y_2 sebesar 0,005406 akan meningkatkan efisiensi DMU 3 sebesar $-3,40902E-05$ sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,43861371. setiap kenaikan X_2 sebesar 1,43888 akan meningkatkan efisiensi DMU 3 sebesar 0,052375232 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0,491023032.

5.1.11 Solusi DMU Inefisien

Pada DMU 2, solusi yang ditetapkan adalah perbaikan target menggunakan model VRS. Terdapat 3 variabel yang tidak optimal. Maka akan dilakukan perbaikan terhadap tersebut yaitu perbaikan terhadap *Order picking cycle time* (unit/order) yang nilai awalnya 3 mengalami pertambahan 3.011122, *Receipt per man-hour* (unit/jam) yang awalnya 187,5 mengalami penurunan menjadi 137,414 dan *%Location and Cube occupied* (%) yang awalnya 60% mengalami penurunan menjadi 43,9647 %. Dari ketiga variabel yang tidak optimal, variabel yang mengalami peningkatan yang signifikan adalah penurunan *Receipt per man-hour* (unit/jam) dari 187,5 menjadi 137,414, terdapat 50 unit/jam pengurangan. Hal ini diperlukan untuk mengurangi beban para pekerja, supaya pekerja terhindar dari resiko cedera dan pekerja tetap berada pada keadaan fit. Sehingga apabila para pekerja berada dalam kondisi fit pekerjaan tersebut akan bisa dikerjakan tanpa melakukan penundaan pekerjaan. Kemudian pengurangan *%Location and Cube occupied* dari 60% menjadi 43,9647%. Terdapat pengurangan sekitar 16 %. Hal ini juga diperlukan dikarenakan masih terdapat area tempat penyimpanan yang belum terpakai seluruhnya, sehingga area yang tidak digunakan bisa digunakan untuk keperluan lain. Dengan mengurangi area penyimpanan yang digunakan untuk menyimpan persediaan diharapkan akan lebih efisien penggunaannya.

Pada DMU 3, solusi yang ditetapkan adalah perbaikan target menggunakan model CRS dikarenakan efisiensi DMU dipengaruhi oleh faktor teknis. Terdapat 3 variabel yang tidak optimal. Maka akan dilakukan perbaikan terhadap tersebut yaitu perbaikan terhadap *Order picking cycle time* (unit/order) yang nilai awalnya 1,5 mengalami penambahan 1,596554, *Order prepared for shipment per man-hour* (unit/jam) yang awalnya 187,5 mengalami penambahan menjadi 187,500754 dan *Putaways cycle time* yang awalnya 2,5 mengalami penurunan menjadi 0,784018. Dari ketiga variabel yang tidak optimal, variabel yang mengalami peningkatan yang signifikan adalah penurunan *Putaways cycle time* (unit/jam) dari 2,5 menjadi 0,784018, terdapat 1,72 unit/jam pengurangan. Pengurangan waktu pemindahan diperlukan perusahaan dengan cara memberikan *equipment* berupa gerobak angkut kepada pekerja, supaya tidak memakan waktu yang cukup lama untuk melakukan sekali pemindahan. Sehingga dengan melakukan pemindahan yang cepat maka akan dapat meningkatkan efisiensi gudang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan dan analisis yang dilakukan, ada beberapa kesimpulan yang didapatkan antara lain :

1. Nilai efisiensi untuk masing-masing DMU adalah DMU 1 (Tonggak Ampuh) sebesar 1, DMU 2 (Material UII) sebesar 0.3571429, DMU 3 (Margo Material) sebesar 0.9606383, DMU 4 (Kartono) sebesar 1 dan DMU 5 (Marga Jaya) sebesar 1.
2. DMU yang akan dipertahankan adalah DMU yang memiliki nilai efisiensi 1 yaitu DMU 1, DMU 4 dan DMU 5. Sedangkan untuk DMU 2 dan DMU 3 yang inefisien perlu diadakan perbaikan.
3. Untuk perbaikan target DMU 2 dan DMU 3 yang mengacu pada perhitungan VRS untuk variabel yang belum optimal. Perbaikan target pada DMU 2 adalah *Receipt per man-hour (unit/jam)* dari 187,5 unit/jam menjadi 137,414 unit/jam, *%Location and Cube occupied (%)* dari 60% menjadi 43,9647%, dan *Order picking cycle time (unit/order)* dari 3 unit/order menjadi 3.011122 unit/order. Sedangkan perbaikan target untuk DMU 3 adalah perbaikan target *Putaways cycle tme (unit/jam)* dari 2,5 unit/jam menjadi 1,061120 unit/jam dan *Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam)* dari 187,5 unit/jam menjadi 187,505406 unit/jam.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat melengkapi data-data biaya-biaya dalam perusahaan, seperti biaya listrik dan lain-lain, supaya dapat dilakukan perhitungan menggunakan analisis biaya.
2. Memberikan pekerja untuk istirahat supaya pekerja tetap fit untuk melakukan pekerjaannya atau mengurangi beban kerja pekerja sehingga pekerjaan dapat terus dilakukan.

3. Memberikan pekerja *equipment* yang dibutuhkan untuk memperlancar proses kerja dan untuk memudahkan pekerja sehingga pekerjaan bisa dengan cepat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiffey, Zulkha. 2008. *Analisis Benchmarking Bisnis Kompetitif Steak (Studi Kasus Obonk Steak and Ribs di Bogor, Jawa Barat)*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Budi, Daniel Setyo. 2010. *Pengukuran Efisiensi Relatif*. Fakultas Ekonomi. Universitas Indonesia. Depok.
- Dewi, Citra. 2011. *Penerapan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) Untuk Mengukur efisiensi Relatif Jurusan Pada Sebuah Fakultas*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Fakhrudin, Mansyur. 2012. *Analisis Perbandingan Efisiensi Bank Umum Syariah dan Bank Umum Konvensional di Indonesia Menggunakan Metode Stochastic Frontier Approach (SFA)*. Tesis. UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Yogyakarta.
- Frazelle, Edward H. 2002. *World-Class Warehousing and Material Handling*. McGraw-Hill Book Company.
- Hardiyanto, Seno. 2010. *Penerapan Data Envelopment Analysis (DEA) untuk Evaluasi Semester Jurusan Teknik Industri*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hasibuan, Malayu SP. 1994. *Manajemen Sumber Daya Manusia (Dasar dan Kunci Keberhasilan)*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Indrawati, Yuli. 2009. *Analisis Efisiensi Bank Umum Di Indonesia Periode 2004-2007: Aplikasi Metode DEA*. Skripsi. Fakultas Ekonomi Program Studi Manajemen Konsentrasi Manajemen Keuangan. Universitas Indonesia. Depok.
- Komaryatin, Nurul. 2006. *Analisis Efisiensi Teknik Industri BPR Di Eks Karesidenan Pati*. Tesis. Magister Ilmu Ekonomi dan Studi Pengembangan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Korpela, Jukka et al. 2007. *Warehouse Operator Selection By AHP And DEA Methodologies*. International Journal. Production Economics 108 (2007) 135-142.
- Mulcahy, David E. 1994. *Warehouse Distribution and Operations Handbook*. McGraw-Hill Book Company.
- Purwanto, R Nugroho dan Erwinta Siswandi. 2006. *Pengolahan Data Skala Terbatas Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA): Studi Kasus Efektivitas*

- Proses Peluncuran Produk Baru*. Lembaga Management. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Rahman, Fazlur. 2012. *Pengukuran Efisiensi Supplier Bambu Dengan Pendekatan Data Envelopment Analysis*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri. Universitas I ' Indonesia. Yogyakarta.
- Ruminta. 2009. *Matriks Persamaan Linier dan Pemrograman Linier*. Bandung: Rekayasa Sains.
- Saaty, T. Lorie. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik Untuk Penganbilan Keputusan Dalam Situasi yang Kompleks*. Jakarta: Pustaka Binama Pressindo.
- Singgih, L Moses. 2008. *Pengukuran Efisiensi Jasa Pelayanan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA)(studi kasus : SPBU G, SPBU K, SPBU S, SPBU J)*. Jurnal Seminar Nasional. Jurusan Teknik Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sitompul, Caries. 2004. *Analisa Efisiensi Dengan Bantuan Sistem Pendukung Keputusan (SPK)*. Makalah Seminar Nasional. Yogyakarta.
- Summanth, J David. 1984. *Productivity Engineering And Management : Productivity Measurement Manufacturing and Service Organization*. McGraw-Hill Book Company.
- Susilowati, Indah. 2004. *Pengukuran Efisiensi Relatif Emiten Perbankan Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA) (Studi Kasus: Bank-bank yang terdaftar dalam bursa efek di Jakarta tahun 2002)*. Jurnal Dinamika Pembangunan, Vol. 1 No 2.
- Yamit, Zulian. 1991. *Linear Programming*. Yogyakarta: Bagian Penerbitan FE. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Warman, John. 1971. *Manajemen Pergudangan*. Jakarta: Penerbit Sinar Harapan.

LAMPIRAN

• Hasil Output Software Lindo CRS Primal DMU 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5		
OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	1.000000	
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.000000	0.000000
Y2	0.155280	0.000000
X1	0.133786	0.000000
X2	0.000000	0.000000
X3	0.003415	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	1.000000
4)	23.845753	0.000000
5)	97.535156	0.000000
6)	0.000000	0.000000
7)	9.615462	0.000000

DMU 2

PTIMUM FOUND AT STEP 4		
OBJECTIVE FUNCTION VALUE		
1)	0.3571429	
TABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.119048	0.000000
Y2	0.000000	14.914286
X1	0.000000	31.285715
X2	0.333333	0.000000
X3	0.000000	16.478571

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.357143
3)	0.447143	0.000000
4)	0.642857	0.000000
5)	0.654762	0.000000
6)	0.547619	0.000000
7)	0.000000	0.107143

DMU 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.9606383

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.108511	0.000000
Y2	0.004255	0.000000
X1	0.000000	690.517395
X2	0.400000	0.000000
X3	0.000000	12.628263

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	0.960638
3)	0.526340	0.000000
4)	0.834894	0.000000
5)	0.039362	0.000000
6)	0.000000	1.135754
7)	0.000000	0.013009
8)	0.108511	0.000000
9)	0.004255	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.400000	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 6

DMU 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.000000	0.000000
Y2	0.006154	0.000000
X1	0.005260	0.000000
X2	0.006831	0.000000
X3	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.949600	0.000000
5)	3.834378	0.000000
6)	0.000000	1.000000
7)	0.429275	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.006154	0.000000
10)	0.005260	0.000000
11)	0.006831	0.000000
12)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 3

DMU 5

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 3

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Y1	0.035714	0.000000
Y2	0.000000	0.000000
X1	0.003001	0.000000
X2	0.000000	0.000000
X3	0.000016	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	1.000000
3)	0.000000	0.000000
4)	0.456452	0.000000
5)	2.783233	0.000000
6)	0.527619	0.000000
7)	0.000000	1.000000
8)	0.035714	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.003001	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000016	0.000000

NO. ITERATIONS= 3

• Hasil Output Software Lindo CRS Dual

DMU 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.307215
O2	0.000000	0.130458
I1	0.000000	0.113459
I2	0.000000	0.000000
I3	0.000000	0.003937
P1	1.000000	0.000000
P2	0.000000	19.589277
P3	0.000000	83.294212
P4	0.000000	0.000000
P5	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.308115
3)	0.000000	-0.131358
4)	0.000000	0.114359
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.004837
7)	1.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 5

DMU 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 7

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.3278072

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	0.960638	0.000000
O1	0.000000	0.010942
O2	0.000000	0.000754
I1	690.517395	0.000000
I2	0.000000	0.035500
I3	12.628265	0.000000
P1	0.000000	0.111262
P2	0.000000	0.281046
P3	0.000000	0.672193
P4	1.135754	0.000000
P5	0.013009	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.011842
3)	0.000000	-0.001654
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.036400
6)	0.000000	0.000900
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.135754	0.000000
11)	0.013009	0.000000

DMU 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 10

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.3007321

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	0.357143	0.000000
O1	0.000000	0.096554
O2	14.914286	0.000000
I1	31.285715	0.000000
I2	0.000000	0.258183
I3	16.478571	0.000000
P1	0.000000	0.411788
P2	0.000000	0.699268
P3	0.000000	1.241777
P4	0.000000	0.482210
P5	0.107143	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.097454
3)	0.000000	-0.000900
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.259083
6)	0.000000	0.000900
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.107143	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	14.914286	0.000000
14)	31.285715	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	16.478571	0.000000

NO. ITERATIONS= 10

DMU 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.000000
O2	0.000000	0.005248
I1	0.000000	0.000000
I2	0.000000	0.028170
I3	0.000000	0.016942
P1	0.000000	1.347323
P2	0.000000	1.266623
P3	0.000000	0.928771
P4	1.000000	0.000000
P5	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.000900
3)	0.000000	-0.006148
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.029070
6)	0.000000	0.017842
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	1.000000	0.000000

DMU 5

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 5

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.000000
O2	0.000000	0.003413
I1	0.000000	0.000000
I2	0.000000	0.000000
I3	0.000000	0.014063
P1	0.000000	1.100385
P2	0.000000	1.026429
P3	0.000000	1.015269
P4	0.000000	0.117099
P5	1.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.000900
3)	0.000000	-0.004313
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.014963
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000

• Hasil Output Software Lindo VRS
 NO. ITERATIONS= 5
 DMU 1

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.015303
O2	0.000000	0.000000
I1	0.000000	0.002192
I2	0.000000	0.000000
I3	0.000000	0.012186
P1	1.000000	0.000000
P2	0.000000	0.324515
P3	0.000000	2.595588
P4	0.000000	0.000000
P5	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.016203
3)	0.000000	-0.000900
4)	0.000000	0.003092
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.013086
7)	0.000000	-0.986102
8)	1.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000

DMU 2

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 14

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.7328824

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	0.843858	0.000000
O1	0.000000	0.011122
O2	123.293144	0.000000
I1	0.000000	0.001494
I2	0.013137	0.000000
I3	0.000000	0.008241
P1	0.223461	0.000000
P2	0.000000	0.267118
P3	0.000000	1.983333
P4	0.698327	0.000000
P5	0.078212	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.012022
3)	0.000000	-0.000900
4)	0.000000	0.002394
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.009141
7)	0.000000	-0.688448
8)	0.223461	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.698327	0.000000

DMU 3

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 7

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.4386478

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	2.059843	0.000000
O1	10.129921	0.000000
O2	0.000000	0.005406
I1	1701.767700	0.000000
I2	0.000000	0.035500
I3	89.429840	0.000000
P1	0.000000	0.831854
P2	0.000000	1.015687
P3	0.000000	0.561352
P4	0.606299	0.000000
P5	0.393701	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.000900
3)	0.000000	-0.006306
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.036400
6)	0.000000	0.000900
7)	0.000000	0.745083
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.606299	0.000000
12)	0.393701	0.000000
13)	10.129921	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	1701.767700	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	89.429840	0.000000

NO. ITERATIONS= 7

DMU 5

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 4

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.027550
O2	0.000000	0.000000
I1	0.000000	0.000000
I2	0.000000	0.000000
I3	0.000000	0.014063
P1	0.000000	1.108591
P2	0.000000	0.975522
P3	0.000000	1.613933
P4	0.000000	0.644206
P5	1.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.028450
3)	0.000000	-0.000900
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.014963
7)	0.000000	0.000000
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	0.000000	0.000000
12)	1.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000

DMU 4

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 6

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1.000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
Z	1.000000	0.000000
O1	0.000000	0.000000
O2	0.000000	0.001758
I1	0.000000	0.000000
I2	0.000000	0.000000
I3	0.000000	0.018243
P1	0.000000	0.857342
P2	0.000000	0.725428
P3	0.000000	1.030118
P4	1.000000	0.000000
P5	0.000000	0.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	0.000000	-0.000900
3)	0.000000	-0.002658
4)	0.000000	0.000900
5)	0.000000	0.000900
6)	0.000000	0.019143
7)	0.000000	-0.567159
8)	0.000000	0.000000
9)	0.000000	0.000000
10)	0.000000	0.000000
11)	1.000000	0.000000
12)	0.000000	0.000000
13)	0.000000	0.000000
14)	0.000000	0.000000
15)	0.000000	0.000000
16)	0.000000	0.000000
17)	0.000000	0.000000

NO. ITERATIONS= 6

- **Hasil Output SPSS Uji Proximity Matrix**

Proximity Matrix					
Case	Squared Euclidean Distance				
	1	2	3	4	5
1	,000	1061102,072	832904,153	1052065,354	617636,264
2	1061102,072	,000	218566,729	327,040	106705,146
3	832904,153	218566,729	,000	202979,329	92174,703
4	1052065,354	327,040	202979,329	,000	99957,224
5	617636,264	106705,146	92174,703	99957,224	,000

This is a dissimilarity matrix