

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kinerja manajemen rantai pasok dalam dunia industri dan manufaktur dewasa ini sangat dibutuhkan untuk meningkatkan performa perusahaan. Management rantai pasok atau *supply chain management* sendiri meliputi banyak bagian baik dari internal dan eksternal perusahaan. Para pelaku industri dan manufaktur mulai memahami bahwa peningkatan dan perbaikan di tingkat internal dan eksternal sangatlah penting untuk mampu bersaing antar satu samalain, begitu pula dengan semakin tinggi dan beragamnya permintaan dan kebutuhan konsumen, para pelaku industri dan manufaktur berlomba lomba menjadi yang terdepan dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Semakin baik *supply chain* atau rantai pasok suatu perusahaan maka dipastikan perusahaan tersebut mampu bersaing dengan perusahaan yang lainnya. Menurut Kulkarni dan Ashok (2010) dalam bukunya menyebutkan bahwa management rantai pasok mendominasi hidup, pikiran dan prilaku kita dalam arti prilaku para perusahaan. Berbagai perusahaan dan akademisi rela melakukan penelitian dan memahami rantai pasok dalam waktu yang lama, ini dilakukan agar meningkatkan performa perusahaan tersebut (Kulkani. S; Ashok, S, 2010). Implementasi management rantai pasok atau *supply chain management* meliputi bagian internal perusahaan seperti lantai produksi, *warehousing* atau pergudangan serta *purchasing* dan bagian eksternal perusahaan seperti hubungan dengan supplier, distributor dan semua yang berpartisipasi dalam aktivitas rantai pasok.

Salah satu komponen terpenting management rantai pasok atau SCM yaitu adalah *warehousing* atau pergudangan. *Warehousing* atau *inventory* memiliki peranan penting dalam *supply chain* sebuah perusahaan (More.S, 2016). Menurut Frazelle (2002) meskipun *Supply chain* saat ini berinisiatif menggunakan e-commerce, terintegrasi, merespon konsumen secara efisien, respon cepat dan menggunakan konsep *just-in-time*, hubungan rantai pasok antara manufaktur dengan konsumen akhir tidak akan pernah baik jika *warehouse* atau pergudangan tidak terkoordinasi dan

dikelola dengan baik. Manajemen pergudangan dan *inventory* mempunyai peranan penting dalam kegiatan bisnis suatu perusahaan. Gudang menjadi tempat awal dan akhir dalam aliran barang, uang, dan informasi yang berjalan pada sebuah bisnis perusahaan. Jika manajemen gudang dikelola dengan baik, maka perusahaan dapat mengendalikan kualitas baik dari segi *service* kepada pelanggan dan kualitas produk yang dihasilkan (Ackah & Erick, 2016). Banyaknya kegiatan yang dilakukan dalam gudang pada suatu perusahaan seperti menerima barang, menyortir, penyimpanan, menghitung, pengepakan dan pengiriman, menjadikan gudang elemen yang perlu diperhatikan secara khusus dalam mengelolanya. Selain memiliki fungsi dan kegiatan yang sangat banyak, gudang juga menjadi salah satu kegiatan yang memiliki biaya yang tidak sedikit dan terkadang tidak disadari oleh perusahaan, maka dari itu biaya pergudangan atau *inventory* harus diminimalisir dan diperbaiki secara terus menerus.

Kegiatan pergudangan dapat dipastikan terjadi pada setiap pelaku industri dan manufaktur pada skala kecil maupun besar, tidak terkecuali perusahaan waralaba atau retail. Dewasa ini perusahaan retail telah menjadi tren bagi masyarakat, dan yang paling menonjol adalah perusahaan retail dan minimarket. Kemudahan dalam melakukan transaksi, serta tersedianya berbagai macam pilihan produk dan fungsi membuat retail dan minimarket menjadi primadona bagi konsumen dalam memenuhi kebutuhannya. Menurut ketua umum asosiasi pengusaha retail Indonesia (Aprindo) meskipun pertumbuhan industri retail di Indonesia mengalami perlambatan di awal tahun 2017, namun diprediksi akan tetap merangkak naik di akhir tahun 2017. Perlambatan pertumbuhan ini disebabkan oleh perubahan pola konsumen (Gliemourinsie, 2017). Di Indonesia sendiri terutama di kota-kota besar sudah terdapat banyak perusahaan retail dengan berbagai macam merek dagang, baik yang bersifat tradisional dan moderen, tak terkecuali di daerah Yogyakarta dan Jawa Tengah.

Yogyakarta dan Jawa tengah merupakan salah satu daerah yang memiliki tingkat konsumsi yang tinggi, ini disebabkan karena banyaknya pendatang dari daerah lain. Dengan tingkat konsumsi masyarakat yang besar, membuat para pelaku industri retail dan minimarket membludak di Yogyakarta dan Jawa Tengah. Menurut

kumparan.com (Deni.H, 2018) dalam makalahnya menyebutkan terdapat 52 toko modern termasuk retail dan minimarket yang tersebar di Yogyakarta ditahun 2018, sedangkan menurut peneliti PSEKP UGM pada tahun 2013 (Djibril.M, 2013) menyebutkan bahwa jumlah ideal toko modern sebesar 60 toko untuk memenuhi 390.554 jiwa penduduk Yogyakarta sehingga diharapkan satu toko dapat melayani 6.500 penduduk. Diperkirakan dengan besarnya pertumbuhan usaha retail ini, membuat perubahan perilaku konsumen dan membuat persaingan industri retail dan minimarket semakin tinggi, dan tidak dipungkiri para parteil international dari berbagai negara di dunia akan mulai merambah masuk. Hal ini menyebabkan para *stakeholder* pelaku industri retail dan minimarket di Yogyakarta dan Jawa Tengah berpikir keras untuk meningkatkan performa perusahaanya agar tetap eksis dan mampu bersaing dengan usaha retail lainnya. Peningkatan performa usaha retail dapat dilakukan dengan meminimalkan biaya dan aktivitas yang dikeluarkan, dengan biaya yang minimum maka akan berimbas pada harga jual produk yang baik, dalam artian murah dan tetap bersaing. Peningkatan performa juga bisa dilakukan dengan melakukan *benchmarking* dengan perusahaan lain dengan cara melihat performa gudang kitaa saat ini dan performa gudang dari perusahaan lain.

Proses bisnis yang terjadi pada perusahaan retail tidaklah sederhana, banyak aktivitas yang terjadi yang menimbulkan biaya yang tidak sedikit. Biaya tenaga kerja menjadi yang paling utama, kemudian ada biaya gedung dan listrik, dan hampir 50% kegiatan retail ada pada gudang. Banyaknya aktivitas yang terjadi dalam gudang yang berakibat pada pengaruh biaya yang tidak sedikit, maka monitoring performansi gudang sangat diperlukan. Menurut Frazelle (2002) gudang memerlukan biaya yang mahal, gudang membuat 2-5 persen dari biaya penjualan sebuah perusahaan. Dengan tekanan asset yang tinggi, meminimalkan biaya gudang menjadi isu bisnis yang penting. Perusahaan retail dikhawatirkan dapat mengalami kerugian jika aktvitas pergudangan atau *warehousing* tidak dikelola dengan baik (Paul.Y & Yuliani.D.L, 2015). Manajemen *warehouse* yang ideal akan meningkatkan perbaikan logistik perusahaan dimasa yang krisis (L, et al., 2009). Monitoring performa seperti persediaan

barang yang cukup dengan waktu kedatangan yang tepat serta biaya persediaan yang minimal, seberapa cepat dan optimal pegawai dalam bekerja, penggunaan teknologi perangkat lunak, penggunaan area gudang dan kualitas barang di dalam gudang yang baik akan memberikan nilai yang positif dari gudang untuk perusahaan. Ini dapat diukur sebagai nilai yang dapat digunakan bagi manager dalam mengambil kebijakan dan menilai apakah performa gudang baik atau buruk. Keberlangsungan industri retail tergantung pada kinerja rantai pasok dan keseimbangan gudang yang responsif dan efisien (Saleheen.F, et al., 2014). Gudang dengan pemanfaatan fasilitas area dan produktifitas dari organisai yang baik akan dapat menghemat biaya gudang dan peningkatan kualitas bagi perusahaan (Speh.Thomas, 2009). Menurut Ackerman (2002), gudang bisa seperti orang sakit, dalam artian gudang dapat memberikan masalah. Masalah yang terjadi tidak datang dengan tiba-tiba, namun datang dengan pelan dan hampir tak terlihat (Ackerman, 2003). Jika tidak dilakuakn audit maka dapat menjadi masalah yang besar, seperti terjadinya kemunduran hubungan dengan konsumen. Gudang merupakan elemen yang sangat berpengaruh dan krusial dari sebuah sistem logistik, proses pengorganisasian didalamnya sangat berpengaruh terhadap semua proses yang berjalan secara keseluruhan pada perusahaan (Komarova.J, 2016)

Bagi manager perusahaan pasti memiliki target yang ingin dicapai dalam peningkatan kinerja pada setiap lini perusahaan, termasuk pada gudang. Pengukuran performa gudang perlu dilakukan untuk mengetahui status performa gudang saat ini sehingga diketahui sektor mana yang harus diperbaiki, dipertahankan dan ditingkatkan. Ini semua dilakukan untu menjaga agar perusahaan tetap dalam track perbaikan terus menerus meningkatkan pelayanan kepada konsumen. Performa gudang dapat diukur dengan banyak cara dan indikator atau KPI (*key performance indicator*) (Chandra.A, 2014) . Penentuan variable KPI pada gudang dapat menggunakan lima pendekatan yaitu finansial, produktifitas, utilitas, kualitas dan *cycle time*. Kelima pendekatan tersebut dinilai dari tiap aktivitas yang terjadi pada gudang, yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping* (Frazelle.E, 2002). Dari pendekatan ini didapatkan

nilai yang digunakan manager sebagai ukuran apakah gudang sudah mencapai target kinerja dan kegiatan apa yang harus ditingkatkan untuk meningkatkan performa. Tidak cukup hanya dengan pengukuran kinerja saja untuk meningkatkan performa juga perlu menganalisa tingkat efisiensi pada aktifitas gudang dan *benchmarking* dengan perusahaan lain. *Benchmarking* dengan perusahaan lain akan memberikan pandangan bagaimana posisi perusahaan saat ini dibandingkan dengan perusahaan lain yang sejenis atau bahkan berbeda bisnis perusahaan (Balamurugan.K & DR.P.Pongodi, 2016) dalam hal ini pengelolaan pergudangan atau *warehousing*. Hasil dari *benchmarking* dapat digunakan sebagai landasan peningkatan performa perusahaan, dapat mengadaptasi apa yang dilakukan perusahaan lain agar lebih baik dan sebagai bahan untuk peningkatan secara terus menerus. Proses *benchmarking* sendiri dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti *Peer Group Benchmarking* dan Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA sendiri merupakan metode nonparametric yang mengukur efektifitas sebuah organisasi atau *decision making unit* (DMU) menggunakan *linearprogramming*. Metode DEA ini secara dasar melakukan *benchmarking* dari data *input* dan *output* yang digunakan setiap aktivitas organisasi atau DMU dalam hal ini aktivitas *warehousing* untuk mengetahui selisih yang harus disesuaikan untuk meningkatkan tingkat efisien. Penyebab tidak efisienya pada suatu organisasi dapat diidentifikasi dan dianalisis dari alokasi *input* dan *output* pada proses organisasi atau perusahaan tersebut, (Mansyur.Fakhrudin, 2012).

Penelitian ini dilakukan pada retail dan minimarket yang berada di Yogyakarta dan Jawa tengah agar para manager dan stakeholder dari tiap retail dan minimarket yang diteliti mengetahui performa, kualitas, efisiensi dan posisi performa gudang mereka dari tiap-tiap gudang retail dan minimarket yang lain, dengan ini diharapkan manager dapat mengevaluasi dan meningkatkan kinerja gudang agar memberikan nilai positif bagi perusahaan. Penelitian serupa pernah dilakukan oleh Yericho Paul dan Yuliani Dewi Lestari (2015), mereka melakukan penelitian manajemen stok *warehouse* pada sebuah perusahaan retail di Jakarta (Paul.Y & Yuliani.D.L, 2015). Yerico dan Yuliane (2015) juga menggunakan pendekatan Fzelle (2002) sebagai

dasar penelitian, dan menggunakan DMAIC (*define, measure, analyze, improve and control*). Ferdouse Saleheen dkk (2014) juga pernah meneliti seluk beluk praktek pengelolaan gudang pada perusahaan retail di Bangladesh, dengan menganalisa semua jenis-jenis retail, menganalisa proses bisnis yang terjadi, layout dan desain, menemukan problem dan memberikan solusi penerapan yang harus dilakukan (Saleheen.F, et al., 2014). Penelitian tentang pengukuran efisiensi pada gudang juga pernah dilakukan oleh Korpela dkk (2007), pada penelitian ini menggunakan kombinasi AHP dan DEA untuk memecahkan masalah multikriteria yang terjadi pada operator gudang. Metode DEA dapat digunakan untuk memecahkan masalah multi-kriteria dengan mengembangkan model DEA untuk mengukur efisiensi operator gudang dengan menggunakan informasi analisis AHP dan menggabungkannya dengan data tentang input proses (Korpela.Jukka, et al., 2007). Penerapan serupa juga dilakukan untuk menentukan input dan output pada pengukuran efisiensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah di paparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana performa dan efisiensi kinerja gudang retail dan minimarket pada objek penelitian?
2. Bagaimana meningkatkan performa dan efisiensi kinerja gudang retail dan minimarket pada objek penelitian?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, pada penelitian ini memiliki tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Mengetahui performa, kinerja dan efisiensi gudang pada retail dan minimarket.
2. Melakukan *benchmarking* antar gudang perusahaan untuk melihat posisi performa dan perbandingan tingkat efisiensi.
3. Memberikan usulan perbaikan bagi para manager dan *stakeholder* retail dan mini market untuk meningkatkan performa dan efisiensi gudang.

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam sebuah penelitian dipastikan akan dapat memberi manfaat, pada penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

Bagi Akademisi

1. Menjadi sarana penerapan ilmu teknik industri dalam dunia nyata.
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai rujukan dan referensi bagi ilmu pengetahuan khususnya Teknik Industri dan Management Rantai Pasok

Bagi Perusahaan

1. Perusahaan dapat mengetahui performa gudang dan tingkat efisiensi sebagai bahan untuk evaluasi dan peningkatan performa bagi perusahaan.
2. Perusahaan mengetahui nilai, tingkat efisiensi dan posisi performa gudang yang dimiliki dengan performa gudang perusahaan yang lainnya.
3. Usulan perbaikan bagi manager perusahaan dalam peningkatan performa gudang dan bahan pengambilan keputusan.

1.5 Batasan Penelitian

1. Objek penelitian dilakukan pada 4 gudang perusahaan minimarket di daerah Yogyakarta dan Jawa Tengah yaitu gudang Maga Swalayan, Pamela, Minimarket Omi, dan Biru Swalayan.
2. Perbaikan berupa usulan yang dipaparkan kepada pemangku kebijakan untuk meningkatkan kinerja.
3. Variable yang digunakan berdasarkan aktivitas gudang dari Frazelle (2002), yaitu *Receiving*, *Putaway*, *Storage*, *OrderPicking* dan *Shipping*.
4. Pengukuran efisiensi yang dilakukan adalah pengukuran yang menyangkut aktivitas dalam pergudangan sebagai *input* dan *output* pada model pengukuran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gudang / Warehouse

2.1.1 Definisi Gudang

Dalam dunia industri dan manufaktur, gudang dan aktivitas didalamnya merupakan hal yang biasa dijumpai. Gudang merupakan bangunan yang digunakan untuk menyimpan barang dagangan (Warman.J, 2010). Sedangkan pergudangan merupakan segala kegiatan penyimpanan pada gudang. Menurut Queirolo (2002), didalam gudang terdapat banyak aktivitas, dan dapat difenisikan kedalam tiga fungsi utama, yaitu : menerima produk atau material dari *supplier* atau pemasok, menyimpan produk atau material dengan baik samapi dibutuhkan oleh departemen lain atau dikirim, dan mengambil kembali produk ketika dibutuhkan (Queirolo, et al., 2002). Gudang juga didefinisikan sebagai tempat yang memiliki tugas untuk menyimpan brang dan material sampai bagian produksi atau departemen lain yang membutuhkannya sesuai dengan jadwal (Frazelle.E, 2002). Gudang menjadi komponen yang sangat penting dalam management rantai pasok, karena gudang menyumbang biaya penjualan yang tinggi dalam perusahaan (Frazelle.E, 2002). Menurut Udeh. D.O dan Iikay. K (2015) sebuah gudang didefinikan dalam rantai pasok sebagi fasilitas yang terorganisasi melakukan perencanaan material, penerimaan dan penyimpanan persediaan material atau barang yang dibutuhkan untuk produksi atau aktivitas yang lebih lanjut, definisi yang sama juga berlaku pada retail dan toko dengan perbedaan signifikan, kapasitas dan perbedaan oprasional (Udeh.D.O & Likay.K, 2015). Biasanya didunia industri dan manufaktur gudang sebagai penyeimbang dan untuk menentukan langkah yang akan diambil suatu perusahaan, untuk menggunakan gudang sebagai komersial dalam artian disewakan kepada perusahaan lain atau digunakan

sendiri (Dhara.M, 2011). Sangat banyak aktivitas yang terjadi didalam gudang, menurut Bartholdi dan Hakman (2010) menjelaskan bahwa kegiatan dan oprasi yang paling umum terjadi pada gudang yaitu menerima, meletakkan, menyimpan, pengambilan. Kemudian barang yang masuk diterima, dicatat dan diperiksa (Bartholdi.J.J & Hakman.S.T, 2010). Kerusakan, cacat barang atau material, dan kesalahan lainnya di catat secara detail. Barang yang baik dan tersimpan dicatat sehingga diketahui dan terkontrol keadaan gudang.

2.1.2 Tipe Gudang

Gudang merupakan tempat yang digunakan untuk menyimpan barang, didunia sehari-hari banyak ditemukan gudang dalam skala kecil ataupun skala besar. Dalam dunia industri dan manufaktur, menurut Holy .I .Y dan Martinus G (2005) menjelaskan bahwa terdapat empat tipe gudang (Holy.I.Y & Martinus.G, 2005), yaitu :

1. *Manufacturing Plan Warehouse*

Manufacturing Plan Warehouse merupakan gudang yang ada dipabrik. Aktivitas yang terjadi didalam gudang ini meliputi penerimaan, dan penyimpanan material, pengambilan material, penyimpanan barang jadi, transaksi internal gudang, dan pengiriman barang baik ke gudang pusat, gudang distribusi atau langsung kepada pelanggan.

2. *Central Warehouse*

Central Warehouse atau gudang pusat merupakan gudang pokok, yaitu gudang yang memiliki aktivitas transaksi penerimaan barang jadi dari *manufacturing warehouse* , dari *factory* atau dari *supplier* , menyimpan barang jadi, dan mengirimkan barang jadi ke *distribution warehouse* .

3. *Distribution Warehouse*

Distribution warehouse merupakan gudang distribusi. Didalam gudang ini memiliki aktivitas penerimaan barang jadi dari *central warehouse*, pabrik atau *supplier*. Penyimpanan barang di gudang, pengambilan dan persiapan barang yang akan dikirim dan pengiriman barang kepada konsumen. Banyak kasus yang terjadi *distribution warehouse* ini juga biasanya merupakan *central warehouse*.

4. *Retail Warehouse*

Retail Warehouse adalah gudang pengecer. Gudang ini biasa dikatakan adalah toko yang menjual barang langsung kepada konsumen. Biasanya toko retail tersebut berupa minimarket atau supermarket waralaba, dan biasanya memiliki gudang sendiri didalam toko atau didalam supermarketnya untuk aktivitas penyimpanan internal mereka.

2.1.3 Fungsi Gudang

Dalam dunia industri, manufaktur dan rantai pasok, gudang memiliki peran yang penting. Banyak aktivitas yang terjadi didalam gudang. Menurut Frazelle (2002) dalam bukunya , menyebutkan ada beberapa fungsi dan aktivitas didalam gudang, yaitu :

1. *Receiving* (Penerimaan)

Penerimaan didalam gudang meliputi aktivitas melakukan penerimaan secara tertib, konsisten dan baik pada semua material atau barang yang datang kedalam warehouse, memastikan bahwa jumlah dan kualitas barang atau material sesuai dengan yang telah dipesan atau sesuai dengan surat jalan yang datang dan menyalurkan barang atau material ke gudang atau kepada departemen lain yang membutuhkan.

2. *Prepackaging*

Ini terjadi dalam gudang jika produk diterima dalam jumlah yang besar dari *supplier* dan di bungkus sendiri-sendiri, dalam jumlah yang dipesan dan barang atau material datang dalam kombinasi atau tercampur dengan beraneka ragam jenis barang.

3. *Putaway*

Putaway merupakan aktivitas meletakkan barang atau material didalam gudang. Didalam aktivitas ini, berhubungan dengan *material handling*, lokasi yang terverifikasi dan tepat serta penempatan produk.

4. *Storage*

Merupakan bentuk fisik dari barang atau material didalam gudang, dimana barang tersebut disimpan sampai menunggu barang tersebut dibutuhkan. Metode penyimpanan tergantung pada ukuran dan jumlah barang dalam persediaan dan karakteristik penanganan dari produk dan tempatnya.

5. *Order picking*

Aktivitas ini merupakan proses pengambilan barang dari penyimpanan atau *storage* sesuai dengan spesifikasi dari permintaan. Ini merupakan aktivitas dan pelayanan dasar dari gudang untuk pelanggan.

6. *Packaging and Pricing*

Aktivitas ini merupakan aktivitas yang sekiranya penting dan *optional* setelah *picking process*. Aktivitas pengepakan biasanya dilakukan pada perusahaan manufaktur yang bersifat memproduksi barang, sebagai contoh pabrik makanan. Pengepakan jarang sekali dilakukan untuk perusahaan seperti retail atau minimarket, karena perusahaan ini tidak memproduksi barang namun menyediakan barang. Sedangkan proses *pricing* atau memberikan harga pada barang, sangat

penting untuk penjualan. Aktivitas seperti penempelan stiker harga biasanya dilakukan pada perusahaan retail atau mainimarket.

7. *Sortation*

Pengurutan pada pengambilan barang dalam *batch* atau jumlah yang besar delama pesanan yang bersifat individu dan perhitungan jumlah yang didistribusikan ke pesanan harus dilakukan jika pesanan memiliki lebih dari satu *item* dan perhitunganya tidak dilakukan pada saat pengambilan dilakukan.

8. *Unitizing and Shipping*

Beberapa tugas didalam *unitizing* and *shipping* diantaranya:

- Pengecekan apakah pesanan sudah komplit dan sesuai
- Pengepakan barang sesuai dengan wadah atau *container* dalam pengiriman.
- Perisiapan dokumen pengiriman, daftar kemasan, label alamat dan daftar muatan sesuai dengan order.
- Berat juga diperhitungkan untuk menyesuaikan biaya pengiriman.
- Perhitungan order oleh petugas lapangan.
- Truk muatan

2.1.4 Tanggung Jawab Gudang (*warehouse responsibility*)

Selain memiliki fungsi dan aktivitas yang banyak, gudang atau *warehouse* juga tanggung jawab dalam aktivitasnya. Menurut Schreibfeder,J (2005) dalam bukunya mengungkapkan bahwa, setiap gudang memiliki tanggung jawab, terutama dengan ketidak akuratan stok dan banyaknya jenis barang atau material didalamnya (Schreibfeder.J, 2005), berikut tanggung jawab dari gudang (Paul.Y & Yuliani.D.L, 2015) :

1. Atur stok digudang untuk meminimalkan biaya pengisian pesanan. Ini sangat penting bagi gudang untuk memaksimalkan dan lakukan seefisien mungkin dalam pengisian ulang gudang.
2. Mencatat persediaan dengan akurat. Jika catatan persediaan digudang tidak akurat baik dengan komputerisasi atau manual maka petugas tidak akan tahu apa yang tersedia digudang dan pembeli tidak dapat memenuhi kebutuhan mereka saat itu juga. Untuk tugas ini mungkin akan melibatkan penghitungan secara fisik persediaan dan control pada kurun waktu tertentu.
3. Memastikan bahwa pergerakan material atau barang dalam gudang tercatat dan terkontrol dengan baik. Ini dilakukan agar jumlah material atau barang digudang tetap akurat, bisa dilakukan dengan *forecast* untuk meminimalkan biaya total. Namun jika tidak tercatat dengan akurat maka dapat menyebabkan masalah, seperti :
 - Membawa persediaan yang tidak perlu, karena catatan stok sebelumnya tidak akurat. Ini mengakibatkan persediaan lebih banyak daripada yang tercatat.
 - Selisih stok yang tak terduga karena material yang diambil tidak tercatat dengan baik, pengganti, rusak dan beberapa hal yang tidak sesuai prosedur lainnya.
4. Melindungi persediaan dari kerusakan, pembusukan, kelalaian dan pencurian. Persediaan sangat berharga, semua karyawan harus sadar dan peduli bahwa keuntungan didapat dari penjualan persediaan. Jika terjadi hal yang tidak diinginkan menyebabkan kerugian maka berdampak pada gaji karyawan.

2.1.5 Managemen Pergudangan

Pergudangan merupakan aktivitas yang tidak bias diremehkan dalam dunia industri dan rantai pasok. Biaya yang besar serta aktivitas yang banyak dalam pergudangan menjadi faktor yang harus di kelola. Dalam gudang terdapat aktivitas rantai pasok yang bersifat internal atau *supply chain inbound*, yaitu proses pengambilan dan peletakan persediaan dalam lantai gudang (Udeh.D.O & Likay.K, 2015). Menurut Frazelle (2002) dalam bukunya, keberhasilan dan kesuksesan proses operasi gudang secara umum dibutuhkan hal sebagai berikut.

1. Profil

Buat dan atur profil permintaan atau order, profil aktivitas item atau barang dan profil perencanaan dalam mengidentifikasi penyebab akar permasalahan dan mencari trobosan kesempatan untuk perbaikan.

2. *Benchmark*

Benchmarking kinerja atau performa gudang, praktek, infrastruktur dan oprasional terhadap standar dunia untuk menentukan kesenjangan atau gap pada kinerja, praktek dan infrastruktur yang ada. Kemudian untuk mengukur kemampuan dan kesempatan untuk berkembang, dan untuk memperkirakan investasi yang terjangkau terhadap material baru dan system informasi untuk penangananya.

3. Inovasi

Mengkonfigurasi ulang proses pergudangan dengan mengilangkan dan menyederhanakan konten pekerjaan sebanyak mungkin dan yang paling memungkinkan. Ini dilakukan karena pekerjaan dan aktivitas di dalam gudang kebanyakan berorientasi pada penanganan material dan informasinya, sehingga dua aktivitas ini harus focus dalam penangan dan mendesainya.

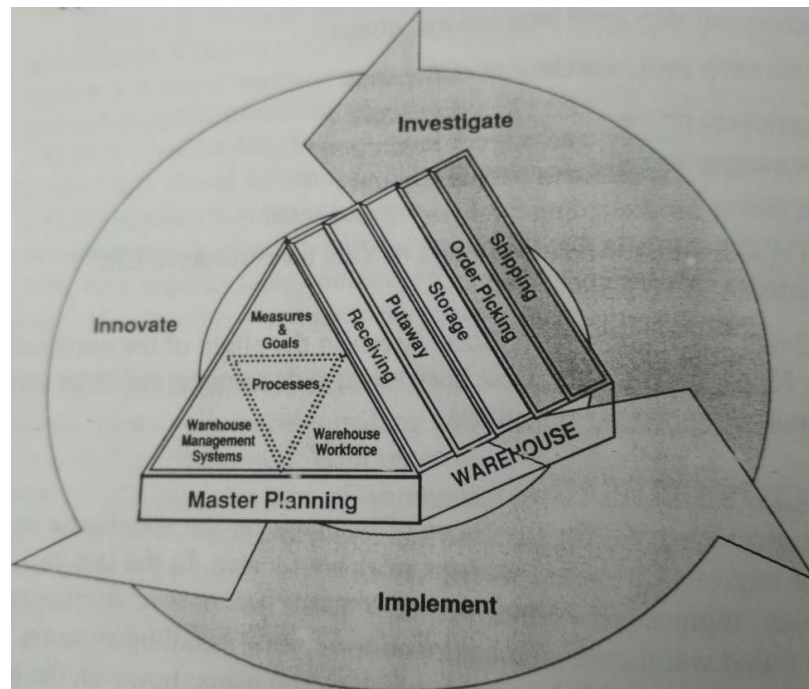
4. *Automate*

Mengotomatiskan dalam artian penggunaan komputerasi dan mekanik. Komputerisasi dilakukan untuk perbaikan dan pembenaran secara bertahap, dan secara bertahap menerapkan system manajemen gudang (*warehouse system management*), sistem pergudangan tanpa penggunaan kertas (*paperless warehouse system*), dan alat sistem pendukung keputusan yang berfungsi untuk menjaga profil aktivitas gudang, melacak dan melihat performa gudang, melihat penggunaan sumber daya, dan menyederhanakan proses pergudangan.

Sedangkan mekanisasi digunakan dalam perbaikan secara bertahap dengan penggunaan *material handling* dan sistem pergudangan untuk meningkatkan aktivitas pengambilan dan peletakan material, kapasitas penyimpanan dan untuk membantu operator dalam aktivitas penanganan material yang susah.

5. *Humanize*

Penggunaan tenaga manusia sebagai operator dalam kegiatan pergudangan untuk mendesain ulang proses dan kegiatan pergudangan dengan mengembangkan tim dan individual untuk menangani kinerja gudang. Begitu juga dengan menerapkan peningkatan ergonomi dalam aktivitas yang bersifat manual dan dilakukan oleh manusia dalam pergudangan.



Sumber : Frazelle (2002)

Gambar 2.1 *Warehouse Master Planning Methodology* (Frazelle.E, 2002)

2.2 Pengukuran Kinerja Gudang

Dalam metodologi Frazelle (2002) mengungkapkan bahwa terdapat beberapa indikator yang digunakan dalam pengukuran gudang. Kegiatan tersebut berbasis pada *financial*, *productivity*, *quality*, dan performa *cycle time*. Kegiatan ini merupakan krusial dalam perhitungan atau pengukuran performa gudang, karena setiap gudang milik pribadi biasanya bersaing dengan gudang pihak ketiga atau *third-party warehouse's* yang mana bekerja dalam bidang pergudangan. Jika warehouse pribadi milik suatu perusahaan tidak sebaik dengan pihak ketiga, maka perlu ditinjau kembali apakah benar kegiatan yang berlangsung sudah baik. Disisi lain jika pegawai atau operators dalam gudang sangat baik, maka akan menghasilkan keuntungan dan dapat menjadi pihak ketiga untuk perusahaan yang lain.

2.2.1 Warehouse financial Performance

Didunia yang modern saat ini, setiap perusahaan dan organisasi bertujuan untuk mencapai efektivitas, efisiensi dan skala ekonomi yang baik, dan ini bertujuan harus diadakanya inventarisasi gudang (Wambua, et al., 2015). Biasanya dalam menyusun aspek financial bertujuan untuk mengurangi biaya yang terkait pada aktivitas gudang, seperti mengurangi biaya buruh, mengurangi biaya persediaan, dan mengurangi biaya pengiriman (Chandra.A, 2014). Menurut Farzelle (2002) dalam bukunya, merekomendasikan untuk setiap gudang menggunakan *activity-based costing* sebagai program. Sebagai contoh, biaya untuk setaip aktivitas pada gudang (*receipt, pu-away, store, pick, ship, dan load*). Biaya aktivitas menjadi dasar untuk pertimbangan penggunaan pihak ketiga, pembiayaan / *budgeting*, pengukuran dan perbaikan, dan penentuan harga pada *service* gudang.

2.2.2 Warehouse Productivity Performance

Yang paling populer dan paling mendasar yaitu pengukuran produktifitas gudang (Frazelle.E, 2002). Definisi utama dari prouktifitas adalah ratio pengeluaran dari sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan masukan atau *input* untuk menghasilkan keluaran atau *output*. Untuk mempermudah, pengukuran kinerja gudang dibuat untuk memastikan bahwa layanan pelanggan baik dan benar, dan perusahaan memiliki filosofi perbaikan terus menerus diantaranya pada staf gudang dan apabila terjadi masalah dapat ditemukan sebelum membahayakan dan merugikan kegiatan gudang (Axelsson & Jonathan, 2014). Monitoring produktifitas dan penggunaan merupakan asset kunci pada gudang, yaitu tenaga kerja, ruang / *space, material handling system* dan sistem manajemen gudang. Kita dapat mengukur semua produktifitas pekerja pada

ratio units, orders, lines atau berat yang telah terkirim keluar dari warehouse atau waktu yang dihabiskan pekerja dalam aktivitas pergudangan, untuk berhati-hati dalam pengukuran kinerja karyawan karena dapat menyesatkan, sebagai contoh akan beda hasil pengukuran apabila pekerja dalam keadaan tertentu.

Tingkat kepadatan penyimpanan, dalam arti lain sebarap banyak gudang dapat menyimpan barang, kapasitas gudang dalam menyimpan persediaan, ini dapat digunakan sebagai indicator dalam pengukuran performa. Disarankan perusahaan tetap monitoring berapa persen tepat yang tersedia untuk penyimpanan dan berapa persen ruang yang bisa digunakan.

2.2.3 Warehouse Quality Performance

Menurut Frazelle (2002) terdapat empat kunci utama dalam pengukuran kualitas sebuah gudang, yaitu:

- *Putaway accuracy* / akurasi peletakan. Prosentase barang yang terletak sesuai atau benar.
- *Inventory accuracy* / tingkat persediaan. Tingkat prosentase dari lokasi gudang tanpa perbedaan pada persediaan.
- *Picking accuracy* / akurasi pengambilan. Prosentase pengambilan sesuai dengan permintaan tanpa error.
- *Shipping accuracy* / akurasi pengiriman. Prosentase tingkat pengiriman tanpa eror.

2.2.4 Warehouse Cycle Time Performance

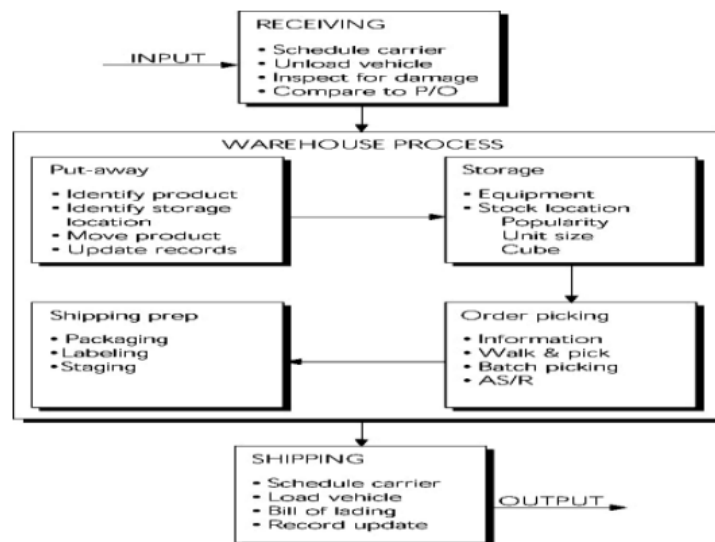
Untuk *cycle time*, Frazelle (2002) merekomendasikan dua faktor untuk pengukuran performa, yaitu :

- ***Dock-to-Stock Time (DTS)***. Waktu yang digunakan atau seberapa lama waktu barang dari sejak awal kedatangan didalam gudang sampai barang tersebut siap untuk digunakan atau dikirim.

- **Warehouse Order Cycle Time (WOCT).** Waktu yang dibutuhkan sejak permintaan datang pada gudang sampai barang tersebut diambil, dikemas dan siap untuk dikirim.

2.3 Warehouse Performance Gap Analysis / Analisis Kesenjangan Performa Gudang

Warehouse performance gap analysis (WPGA) merupakan metode *benchmarking* untuk menilai kegunaan infrastruktur dari sebuah gudang (manusia, tempat / *space*, dan system) dalam memenuhi misi dan tujuan dari gudang (Frazelle.E, 2002). Analisis kesenjangan pada performa gudang digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana performa gudang yang sedang berjalan dibandingkan standar gudang yang baik ditepat yang lain atau dibandingkan dengan yang lain (Wessman.I & Maja.B, 2014).



Sumber : (Kusrini, et al., 2018)

Gambar 2.2 Variable KPI Gudang Frazelle

Menurut Frazelle (2002) dalam bukunya menyebutkan bahwa telah membantu beberapa *client* dalam melihat hasil analisi kesenjangan performa gudang mereka dalam bentuk *form* atau *dash board* kemudin

dibandingkan dengan *world-class norm* dalam indikator kerja utama gudang dan menunjukkan penghematan biaya yang dapat dilakukan ketika kesenjangan dapat dihilangkan.

Tabel. 2.1 Indikator Performa Kunci Pada Gudang / *Warehouse key*

Performance indicators

	Keuangan/ <i>Financial</i>	Produktivitas	Pemanfaatan	Kualitas	<i>Cycle Time</i>
Penerimaan	Biaya penerimaan setiap penerimaan datang	Penerimaan setiap pekerja / jam kerja	% pemanfaatan pintu penerimaan	% akurasi dalam proses penerimaan	Waktu proses penerimaan setiap penerimaan
Peletakan	Biaya peletakan setiap peletakan barang yang datang	Peletakan setiap pekerja / jam kerja	% pemanfaatan pekerja dalam peletakan setiap barang	% peletakan yang sempurna	Waktu siklus setiap peletakan
Penyimpanan	Biaya penyimpanan ruang setiap <i>item</i>	Persediaan per lantai persegi	% penggunaan lokasi dan ruang penyimpanan	% lokasi tanpa perbedaan atau gap dalam persediaan	Waktu penyimpanan barang di tangan
Pengambilan	Biaya Pengambilan	Pengambilan setiap pekerja / jam	% pemanfaatan	% pengambilan	Waktu siklus pengambilan tiap order

	setiap permintaan		pekerja setiap pengambilan	yang sempurna	
Pengiriman	Biaya Pengiriman setiap permintaan	Persiapan sampai pengiriman stiap pekerja / jam	% pemanfaatan tepat pengiriman	% pengiriman yang sempurna	Waktu siklus order pada gudang
Total	Total biaya yang dikeluarkan setiap permintaan, <i>line</i> , dan <i>item</i>	Total pengiriman per total pekerja – jam	% total kapasitas penyimpanan	% order gudang yang sempurna	Total waktu siklus gudang = waktu dock-to-stock + waktu siklus order gudang

Sumber: Frazelle (2002)

Key performance indicator (KPI) adalah suatu indikator yang menunjukkan sejauh mana target yang telah kita tentukan tercapai (Satriyanto.E, et al., 2011). KPI memiliki fungsi untuk meningkatkan kualitas pergudangan yang akan berpengaruh pada *costumer satisfaction* (Chandra.A, 2014). Keuntungan dari penggunaan gap analisis adalah tampilan yang simple dalam bentuk satu halaman dan presentasi yang berupa grafis dari profil kinerja. Gap analisis juga bisa digunakan sebagai pemaparan tujuan. Sebagai contoh hasil presentasi grafis dalam *spider web graphical*, lingkaran *spider web* yang dalam menunjukkan keadaan gudang saat ini, sedangkan lingkaran luar menunjukkan goal atau tujuan yang diinginkan, maka dapat dilihat performa gudang saat ini apakah sudah sesuai tujuan atau belum (Frazelle, 2002).

Kegunaan gap analisis yang lain adalah untuk mengkompare atau membandingkan suatu performa gudang dengan mitra atau gudang yang

lain sebagai potensial *benchmarking* (Frazelle, 2002). Hasil performa dapat dibandingkan dengan mitra kerja atau gudang sejenis yang lain untuk melihat apakah performa saat ini sudah baik atau belum. Dari perbandingan ini dapat dilihat posisi performa saat ini apabila partner lebih baik dalam hal tertentu dapat digunakan sebagai perbaikan, atau sebaliknya.

2.3.1 Per-Group Benchmarking

Keuntungan penggunaan *Gap performance analysis* dapat digunakan sebagai alat pembanding dengan mitra kerja atau tipe perusahaan sejenis. Dari sini kita dapat melihat posisi performa gudang saat ini dibandingkan dengan performa perusahaan mitra atau yang lainnya. *Benchmarking* adalah proses pengumpulan dan *sharing* penilaian kinerja beberapa orang, aspek organisasi, dan mungkin termasuk mengembangkan rencana tindakan perbaikan pada penilaian. Dalam pergudangan dan distribusi, *benchmarking* secara tradisional difokuskan pada membandingkan ukuran kinerja kuantitatif, seperti (Hackman.S.T, et al., 2001):

- Biaya operasi - biasanya diukur sebagai biaya pergudangan dan / atau distribusi sebagai persen penjualan.
- Produktivitas operasi - biasanya diukur dalam "unit" (Line, pesanan, kasus, potongan, palet,pound, dll.) ditangani per orang-jam.
- Waktu respon dan akurasi pengiriman.

Frazelle (2002) dalam bukunya mengungkapkan bahwa *benchmarking* sangat penting dalam penilain performa gudang. Berikut menurut Frazelle (2002) tentang pentingnya *benchmarking*:

- *Benchmarking* merupakan langkah yang krusial dalam menerapkan gudang yang baik sesuai dengan *wolrd-class warehousing*.

- *Exsternal benchmarking* harus dilakukan untuk menjadikan gudang sesuai standar *world-class* untuk proyek oprasi gudang dan proses pengembanganya.
- Proses benchmarking harus bersama-sama mempertimbangkan semua indicator performa dalam gudang, produktivitas, akurasi pengiriman, akurasi penyimpanan persediaan, waktu *dock-to-stock*, waktu siklus permintaan pada gudang, dan tingkat level penggunaan mesin.
- Benchmarking dan WPGA harus digunakan untuk membenaran atau koreksi.

2.4 Normalisasi *Snorm de Boer*

Benchmarking dilakukan untuk menentukan nilai minimum dan maksimum sehingga kita dapat mengetahui dan memperbaiki kinerja gudang. Metode yang digunakan untuk menormalisasi nilai adalah *Snorm De Boer* (SNORM), dimana nilai terendah akan diberi nilai 0 dan nilai tertinggi akan diberi nilai 100 (Hartati & Efendi, 2015) .Setiap indikator memiliki bobot dan skala perhitungan yang berbeda maka perlu dilakunanya normalisasi. *Snorm de Boer* merupakan salah satu metode normalisasi yang umum digunakan. Awalnya dilakukan pengukuran dan menentukan obyektif performansi seperti kualitas, kecepatan, produktifitas dan kuantitas, dari setiap indikator tersebut memiliki skala dan perhitungan yang berbeda, maka dari itu pentingnya normalisasi untuk tercapainya nilai akhir dari pengukuran performansi. Berikut ini rumor normalisasin *Snorm de boer* (Hartati & Efendi, 2015):

$$S_{norm} = \frac{S_i - S_{min}}{(S_{max} - S_{min})} X 100$$

2.5 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Proses pengambilan keputusan, biasanya mengalami masalah yang cukup besar ketika dihadapkan dengan beragamnya kriteria. Menurut Triantaphyllou dan Stuart (1995), AHP memiliki daya tarik tersendiri bagi para peneliti modern, karena sifat matematis yang bagus dan data masukan yang dibutuhkan lebih mudah didapat (Triantaphyllou.E & Hann.H.S, 1995). AHP bisa sangat berguna dalam melibatkan beberapa pengambil keputusan dengan berbeda tujuan yang bertentangan untuk mencapai tujuan konsensus (Mandal.S & Seema.S.M, 2016). AHP adalah alat pendukung keputusan yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah keputusan yang kompleks menggunakan struktur hirarkis tingkat multi tujuan, kriteria, subkriteria, dan alternatif. Metode ini merupakan kerangka pengambilan keputusan dengan efektif dengan menyederhanakan dan mempercepat dengan memecahkan persoalan tersebut kedalam bagian-bagian kemudian menatanya dalam suatu susunan hirarki. Kemudian memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variable yang mana memiliki prioritas paling tinggi dan paling mempengaruhi hasil pada situasi tersebut (Andrianti.I, 2016).

Langkah – langkah membuat keputusan yang terorganisir dengan AHP menurut Saaty (2008), (Saaty.T.L, 2008) yaitu :

1. Tentukan masalah dan tentukan jenis permasalahan yang dicari.
2. Susun hirarki keputusan dari atas dengan tujuan keputusan, lalu tujuan dari perspektif yang luas, melalui tingkat menengah (kriteria yang bergantung pada elemen berikutnya) ke tingkat terendah (yang biasanya merupakan seperangkat alternatif).
3. Buatlah satu set matriks perbandingan berpasangan. Setiap elemen di atas level digunakan untuk membandingkan unsur-unsur di level yang langsung di bawahnya.

4. Gunakan prioritas yang diperoleh dari perbandingan untuk mencari prioritas di tingkat bagian bawah. Lakukan ini untuk setiap elemen. Kemudian untuk setiap elemen di tingkat ini menambahkan nilai yang ditimbang dan mendapatkan keseluruhan atau prioritas globalnya. Lanjutkan proses penilaian dan penambahan ini sampai prioritas akhir dan alternatif di tingkat bawah paling banyak diperoleh.

2.5.1 Decomposition

Decomposition dilakukan setelah variabel permasalahan ditentukan, yaitu memecahkan yang masih utuh atau tunggal menjadi unsur-unsurnya. Hasil yang akurat bias didapatkan dengan pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsurnya sehingga didapatkan tingkatan permasalahan sebelumnya, proses ini dinamakan hirarki (*Hierarchy*). Tidak ada pedoman yang pasti dalam penentuan hirarki tersebut, ini tergantung pada pengambil keputusan yang menentukan dengan memperhatikan keuntungan dan kerugian yang diperoleh jika keadaan dilanjutkan lebih rinci (Andrianti.I, 2016). Hirarki yang lengkap, yaitu semua elemen pada semua tingkat memiliki yang ada pada tingkat berikutnya. Menurut Makkasau (2012), dalam penyusunan hirarki atau trsuktur keputusan bertujuan untuk agar elemen system dapat tergambarkan atau teridentifikasinya alternative keputusan (Makkasau.K, 2012).

2.5.2 Penentuan Prioritas

Pada tahap penentuan prioritas, kita harus melakukan perbandingan berpasangan pada setiap kriteria dan alternative, yaitu kita membandingkan setiap elemen dengan elemen lainya pada setiap tingkat hirarki secara berpasangan satu sama lain untuk mendaptkan nilai tingkat kepentingan elemen dalam bentuk pendapat kualitatif (Makkasau.K, 2012). Menurut Andrianti (2016),

terdapat tahapan dalam penilaian elemen-elemen yang dibandingkan (Andrianti.I, 2016), yaitu :

- a. Elemen mana yang lebih penting. (penting / disukai / berpengaruh /lainnya)
- b. Berapa kali sering atau tingkat intensitas (penting / disukai / berpengaruh / lainnya).

Skala dapat diperoleh dengan menggunakan patokan berikut ini :

Tabel. 2.2 Perbandingan Kriteria

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Sama Penting
3	Sedikit Lebih Penting
5	Sangat Penting
7	Sangat Penting
9	Mutlak Lebih Penting
2,4,6,8	Apabila ragu-ragu antara dua nilai yang berdekatan

Sumber : Saaty (1993)

Sebagai contoh : skala 5 terhadap suatu elemen A, diinterpretasikan elemen A jelas lebih penting dibandingkan elemen B. Skala 9 disamping skala elemen B diinterpretasikan sebagai elemen B mutlak lebih penting dibandingkan elemen A. Hasil rasio evaluasi dari skala AHP disajikan dalam bentuk matrik. Ordo-ordo matrik dinormalisasi dan secara diagonal ditambah untuk mendapatkan nilai eigen (Makkasau.K, 2012).

2.5.3 Bobot Prioritas

Menurut Makkasau (2012) Terdapat tiga jenis bobot prioritas yaitu:

1. Local priority weights (LPW), menyatakan relatif pentingnya sebuah elemen dibandingkan dengan induknya (Aplikasi untuk level A, B dan C).
2. Average priority weights (APW), menyatakan relatif pentingnya sebuah elemen dibandingkan dengan satu set induknya (Aplikasi hanya untuk level B),
3. Global priority weights (GPW), menyatakan relatif pentingnya sebuah elemen terhadap tujuan keseluruhan (Aplikasi untuk semua level).

2.6 Efisiensi

Efisiensi secara umum merupakan perbandingan antara keluaran (*output*) dengan masukan (*input*). Menurut Praditia (2015) efisiensi merupakan hubungan antara input dan output, dan efisiensi teknis (*technical efisiensi*) (Paradita.D, et al., 2015) dapat dilakukan jika perusahaan atau organisasi mampu menghasilkan *output* yang tepat sesuai dengan pemanfaatan *input* atau masukan yang tersedia (Airinda.D, 2003). Efisien dapat didapatkan dalam kondisi dimana dapat mempergunakan dan memanfaatkan jumlah *input* yang sedikit dengan menghasilkan *output* yang sama dengan perusahaan lain atau bahkan mampu menghasilkan *output* yang lebih banyak dengan *input* yang lebih sedikit (Suswandi, 2007). Dalam bahasa awam efisiensi dapat diartikan sebagai penghematan atau mengeluarkan modal dalam artian *input* sehemat mungkin untuk menghasilkan output yang maksimal. Dalam proses produksi suatu perusahaan baik manufaktur ataupun perusahaan jasa terdapat ketersediaan sumberdaya baik dari bahan baku, modal dan tenaga kerja harus mampu dimanfaatkan secara sefisien mungkin untuk menghasilkan output yang maksimal, jika perusahaan tidak mampu melakukan efisiensi yang baik maka dapat dipastikan perusahaan akan mengalami kerugian yang besar.

2.6.1 Efisiensi relative

Efisiensi suatu organisasi atau perusahaan berkaitan dengan seberapa baik organisasi tersebut menggunakan sumber daya yang ada untuk mendapatkan suatu hasil yang maksimal (David.M.E, 1994). Secara matematis efisiensi merupakan rasio antara *output* dan *input*. Namun kenyataannya perhitungan efisiensi masih belum cukup mampu untuk perhitungan efisiensi suatu organisasi atau perusahaan, yang pada kenyataannya tidak hanya melibatkan satu macam *input* dan menghasilkan satu macam *output* saja, banyak variable dan factor pada proses yang juga dapat mempengaruhi tingkat efisiensi. Suatu organisasi atau perusahaan berhubungan dengan bermacam-macam sumber daya baik *input* maupun *output* yang berbeda, hal tersebut menyebabkan kondisi ideal sangat sulit dicapai, yaitu suatu kondisi dimana nilai efisiensi 1 atau 100%. Sehingga pengukuran efisiensi untuk perusahaan yang memiliki jenis yang sama dapat dilakukan secara relatif. Perusahaan sejenis berarti perusahaan yang memiliki jenis *input* dan *output* yang sama.

2.6.2 Konsep Dasar Pengukuran Efisiensi

Pengukuran dan analisa efisiensi pada suatu organisasi atau perusahaan dapat dilakukan dengan metode *data envelopment analysis* atau biasa disebut DEA. Cara pengukuran yang digunakan adalah dengan membandingkan antara output yang dihasilkan dengan input dari sumberdaya 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 :

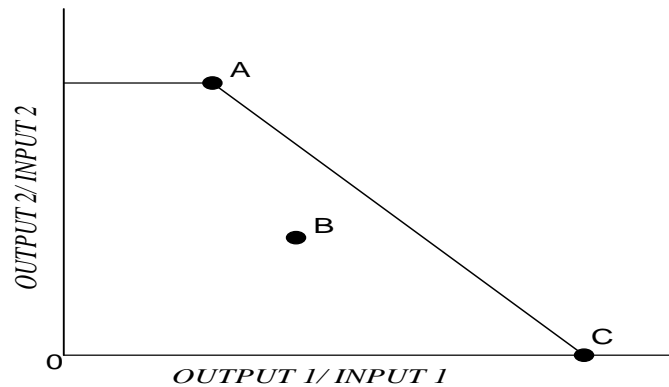
- a. Single *input* dan single *output*
- b. Multiple *input* dan multiple *output*

2.6.3 Analisis Garis *Frontier*

Suatu kondisi paling efisien pada suatu perusahaan atau organisasi yang dapat dicapai dapat ditunjukkan pada suatu garis permukaan yang didalamnya terdapat titik-titik yang saling terhubung sehingga dapat di analisa pada hasil grafik tersebut, garis tersebut dinamakan garis *frontier*. Grafik yang ditunjukkan oleh garis tersebut dinamakan *Efficient Frontier* (permukaan efisien). Harry Markowitz pada tahun 1952 sebagai yang pertama kali menunjukkan *Efficient frontier* dalam makalah pertamanya yang memuat mengenai teori portofolio.

Analisa grafik dan garis *frontier* dalam DEA :

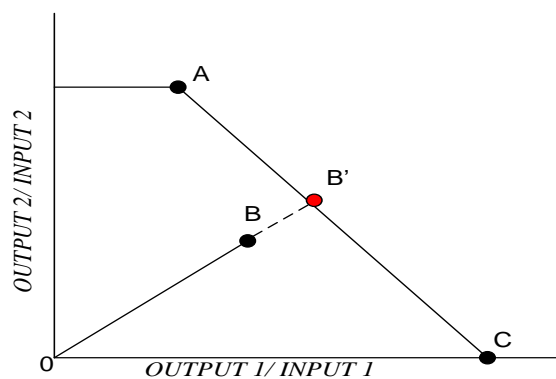
Grafik awal antara $\left(\frac{\text{output 1}}{\text{input 1}}\right)$ dengan $\left(\frac{\text{output 2}}{\text{input 2}}\right)$



Gambar 2.3. Grafik awal efisiensi

Efisiensi maksimum dapat 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.

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



Gambar 2.4. Grafik Peningkatan Efisiensi dari suatu kondisi tertentu.

Titik B yang tidak efisien dapat diubah menjadi titik yang lebih efisien dengan 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.

2.6.4 Linear Programming

Linier memiliki arti bahwa fungsi matematis yang disajikan dalam model harus fungsi linier, secara praktis persamaan tersebut jika digambarkan menghasilkan garis yang lurus. (Parkhan.Ali & Z, 1999). Permasalahan pada linier programming dapat didefinisikan masalah memaksimalkan atau meminimalkan. Fungsi linier mengacu pada batasan linier, kendalanya persamaan atau ketidaksamaan (Thomas.S.Ferguson, n.d.). Menurut Yamit.(1991) *Linear Programming* adalah model umum yang dapat digunakan dalam pemecahan masalah pengalokasian sumber-sumber yang terbatas secara optimal (Yamit.Zulian, 1991). *linier Programming* juga termasuk dalam keluarga pemrograman matematik yang berkaitan dengan alokasi sumberdaya yang terbatas untuk optimasi atau minimasi (Akpam.N.P & Iwok.I.A, 2016). Untuk mendapatkan hasil yang optimal, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi yaitu dengan menyelesaikan persoalan dengan model matematis. Pemecahan persoalan matematis harus mmenuhi 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 ke berbagai kegiatan.

A. Elemen Pemrograman Linier

Menurut Yamit (1991) elemen dalam 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 Linier

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

1. Asumsi proporsionalitas atau kesebandingan. Yaitu kontribusi tiap masing-masing variabel keputusan terhadap fungsi tujuan dan pembatasan-pembatasan adalah sebanding atau proporsional langsung terhadap nilai variabel keputusan.
2. Aditivitas. Kontribusi terhadap fungsi tujuan dan pembatasan-pembatasan beberapa variabel adalah bebas atau independen 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 Linier

Terdapat 2 macam model pemrograman linier, yaitu model pemrograman linear persoalan maksimasi (maksimum) dan model persoalan minimasi (minimasi).

1. Model Pemrograman Linear Maksimum :

- i. Variabel keputusan :

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

- ii. Fungsi tujuan maksimum

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

- iii. Dengan pembatasan-pembatasan

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

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

$$\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots$$

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

Dimana $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

2. Model Pemrograman Linear Minimum

i. Variabel keputusan :

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

ii. Fungsi tujuan maksimum

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

3. Dengan pembatasan-pembatasan

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

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

.....

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

Dimana $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$

D. Tahap Formulasi Permasalahan Pemrograman Linier

Tahapan dalam memformulasikan persoalan pemrograman linear adalah sebagai berikut, (Ruminta, 2009) :

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.

2.7 Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) diperkenalkan pertama kali oleh Charnes, Cooper and Rhodes merupakan sebuah model *nonparametric* untuk mengukur tingkat efisiensi dari sebuah *decision making unit* (DMU). Menurut Basma (2016), DEA tepat digunakan untuk mengukur efisiensi relatif dari institusi atau DMU yang sebanding dan juga digunakan untuk *benchmarking* dalam management operasi (Basman.E.E, et al., 2016). DEA adalah analisis pemrograman linier yang berbasis pada pengukuran tingkat performansi suatu efisiensi dari suatu organisasi menggunakan DMU. Yang dimaksud dengan DMU sendiri adalah suatu sumber daya dapat berupa perusahaan, sekolah, Bank, rumah sakit, universitas, dan lain-lain. Analisis efisiensi pada kinerja untuk saat ini sangat diminati oleh para peneliti, salah satunya penggunaan metode DEA. *Data Envelopment Analysis* atau DEA digunakan untuk perbandingan kinerja pada unit yang memiliki *input* dan *output* yang sama atau sejenis. DEA dapat digunakan untuk melakukan proses *benchmarking*, DEA bersifat non para metric dan menggunakan pemrograman linier untuk mengukur efisiensi relative pada DMU dari *input* dan *output* (Saati.S, et al., 2011). DEA ini dapat digunakan untuk mengetahui seberapa efisien suatu DMU digunakan dengan penggunaan dan pemanfaatan sumber daya yang ada untuk dapat menghasilkan *output* yang maksimum. Anggita (2010) menyebutkan Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) dibuat sebagai alat bantu untuk evaluasi kinerja suatu aktifitas dalam sebuah entitas (organisasi) (Anggita.D.A, 2010). 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 adalah :

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.

Dengan metode DEA ini, DMU dibandingkan secara langsung dengan yang memiliki jenis sama dalam artian proses yang berjalan didalamnya (homogen). Salah satu kelebihan DEA yaitu *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. Namun terdapat beberapa asumsi yang digunakan dalam metode DEA, asumsi tersebut sebagai berikut :

1. Bobot tidak boleh negative
2. Bobot harus bersifat universal atau tidak menghasilkan indikator efisiensi yang diatas normal atau lebih dari nilai 1 bilamana dipakai oleh DMU yang lainnya (Mumu.D.H & Susilowati.I, 2002).

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

1. *Decision Making Unit* (DMU) adalah suatu unit, instansi atau perusahaan 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

$$v_k \quad = \text{Bobot untuk } output \ k$$

$$u_j \quad = \text{Bobot untuk } input \ j$$

Perhitungan model pada DEA diatas dapat dirubah kedalam bentuk persamaan *linear programming* yang dikenal dengan model CRS atau CCR. Model dasar dari metode DEA adalah model CCR yang dikemukakan 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 :

A. Model matematis DEA-CCR atau CRS Primal

CCR atau CRS Primal merupakan model utama yang digunakan untuk menghitung nilai efisiensi relatif untuk masing-masing DMU yang dibandingkan. 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, akibatnya dengan menentukan DMU yang tidak efisien kita dapat mengurangi jumlah variable keputusan dari CCR primal dengan DMU yang tidak efisien (Saati.S, et al., 2011). 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, ..., *s*

j = *input* ke - *j*, *j* = 1, ..., *m*

i = DMU yang terlibat, *i* = 1, ..., *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

B. Model matematis DEA-CCR atau CRS 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 (Moses.S.L, 2008).

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

Subject to

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

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

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, ..., 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

C. Model VRS

BBC (Banker, Charnes & Cooper) adalah salah satu model DEA yang lainnya. Model ini ditemukan pada tahun 1984 yang merupakan pengembangan dari model CCR dan menunjukkan 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 koveksitasnya (*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

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

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

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

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

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

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} .

2.8 Kelebihan dan Kekurangan DEA

Setiap metode analisis dapat dipastikan memiliki kelebihan dan kekurangan, tidak terkecuali pada model DEA. Penggunaan DEA sebagai suatu perangkat untuk mengukur kinerja, memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Adapun kelebihan metode DEA adalah sebagai berikut (Moses.S.L, 2008):

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 mendapatkan hasil efisiensi yang terukur secara agregat untuk masing-masing DMU menggunakan variabel yaitu *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 dapat 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.

2.9 Analisis Sensitifitas

Analisis sensitifitas pada DEA bertujuan untuk melihat dan mempelajari pengaruh perubahan dalam parameter model dalam pemecahan optimum atau minimum. Tujuannya dari analisis ini adalah memperoleh informasi tentang pemecahan optimum yang baru dan yang dimungkinkan dengan perhitungan tambahan yang minimal. Analisis Sensitifitas pada DEA juga dilakukan untuk melihat perubahan nilai efisiensi pada DMU ketika salah satu variable input ditambahkan atau dihilangkan dari perhitungan DEA (Duwimustaroh.S, et al., 2016). Analisis sensitifitas pada DEA hanya dilakukan dengan memperhatikan perubahan nilai efisiensi pada DMU. Analisis sensitifitas ditujukan untuk melihat perubahan peningkatan efisiensi yang terjadi setelah dilakukan perbaikan target. Analisa ini menggunakan nilai *dual price* dari hasil pengolahan model DEA menggunakan *software* sebagai acuan dan dasar perbaikan karena suatu fungsi pembatas akan

mengikat fungsi tujuan jika memiliki nilai tersebut. Nilai *dual pricedan* besarnya kontribusi perbaikan terhadap peningkatan efisiensi relatif CRS *dual* dan VRS.

2.10 LINGO

LINGO adalah sebuah *software* yang dapat digunakan untuk mencari penyelesaian dari permasalahan dalam pemrograman linier, LINGO merupakan generasi yang lebih tua dari *software* LINDO. Dengan menggunakan *software* LINGO pengguna memungkinkan melakukan perhitungan permasalahan linier programing dengan jumlah n variabel. Cara kerja LINGO tidak jauh berbeda dengan LINDO yaitu memasukkan data dengan model linier yang dibuat, kemudian menaksirkan kebenaran dan kelayakan data berdasarkan penyelesaiannya. Perhitungan dengan LINGO pada dasarnya menggunakan metode Simpleks. Ada beberapa tahapan pada LINGO untuk menentukan nilai optimal, yaitu :

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

Perintah-perintah yang biasa digunakan dalam mengoperasikan *software* LINGO sama dengan perintah pada LINDO sebagaimana ditulis dalam tabel berikut ini.:

Tabel 2.3 Perintah LINGO

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 LINGO termasuk salah satu software yang sudah ada sejak lama dan menjadi andalan beberapa peneliti untuk menyelesaikan masalah linier programing. *Software* LINGO banyak digunakan untuk pemecahan masalah maksimasi dan minmasi dengan cara memasukkan data berupa rumusan dalam bentuk linier.

2.11 Perbandingan Penelitian

Hackman dkk (2001) pernah melakukan penelitian tentang perbandingan atau benchmarking pada kegiatan pergudang dan distribusi dengan pendekatan *input* dan *output*. Hackman dkk (2001) mengembangkan model pendekatan *input* dan *output* pada oprasi gudang dan distribusi untuk meningkatkan efisiensi dengan melibatkan semua sumberdaya kritis yang ada pada perusahaa seperti tenaga kerja, penggunaan ruang, penyimpanan, kualitas dan perawatan (Hackman.S.T, et al., 2001). Hackerman dkk (2001) meneliti operasi 57 macam gudang dengan berbagai macam jenis perusahaan. Dengan

menggunakan model analisis statistik penelitian menghasilkan kesimpulan tingkat efisiensi pada beberapa model, seperti gudang yang kecil cenderung lebih efisien, gudang dengan tingkat otomasi rendah lebih efisien dan Persatuan tidak dikaitkan secara negatif dengan efisiensi dan sebenarnya dapat berkontribusi untuk efisiensi yang lebih tinggi.

Penelitian tentang pengelolaan pergudangan pernah dilakukan oleh Ferdouse Saleheen, dkk (2014). Ferdouse Saleheen dkk (2014) meneliti seluk beluk praktek pengelolaan gudang pada perusahaan retail di Bangladesh, menganalisa semua jenis-jenis retail, menganalisa proses bisnis yang terjadi, layout dan desain, menemukan problem dan memberikan solusi penerapan yang harus dilakukan. Namun Ferdouse.S dkk (2014) tidak melakukan penilaian pada KPI (key performance indicators) pada gudang retail di Bangladesh dan hanya memberikan usulan agar melakukan benchmarking dan praktek simulasi saja (Saleheen.F, et al., 2014).

Penelitian serupa juga pernah dilakukan oleh Yericho Paul dan Yuliani Dewi Lestari (2015), mereka melakukan penelitian management stok *warehouse* pada sebuah perusahaan retail di Jakarta. Yerico dan Yuliane (2015) juga menggunakan pendekatan Frezelle (2002) sebagai dasar penelitian, namun mereka menggunakan DMAIC (*define, measure, analyze, improve and control*) sebagai alat untuk menganalisis dan penelitian hanya dilakukan pada satu gudang perusahaan retail saja. Yercio dan Yuliane (2015) menganalisa proses bisnis yang berlangsung, menemukan masalah dan memberikan solusi jangka panjang bagi perusahaan (Paul.Y & Yuliani.D.L, 2015).

Staudt.F.H (2015) dalam tesisnya melakukan penelitian pengembangan metode dan model untuk pengukuran kinerja yang terintegrasi pada operasi pergudangan. dalam penelitian Staudt (2015) banyak model yang dianalisa dan dikembangkan tidak terkecuali model DEA. Pada penelitian Staudt (2015) mencangkup empat langkah yang dilakukahn yaitu pengembangan sebuah

model analisis indikator kinerja yang biasanya digunakan untuk manajemen gudang; (ii) deformasi orientasi indikator secara analitis dan statistik; (iii) agregasi dari indikator ini dalam model terpadu; (iv) proposisi skala untuk menilai evolusi dari kinerja gudang dari waktu ke waktu sesuai dengan hasil model yang terintegrasi. Hasil dari model didapatkan mencapai tujuannya memberikan alat pendukung keputusan bagi para manajer sehingga mereka bisa lebih efisien dalam pengelolaan kinerja gudang global tanpa mengabaikan informasi penting dari indikator (Staudt.F.H, 2015).

Pada tahun 2016 Duwimustaroh dkk (2016) melakukan penelitian tentang pengukuran kinerja *supply chain* kacang mete menggunakan model DEA. Penelitian Duwimustaroh dkk (2016) bertujuan mengetahui tingkat efisiensi setiap pemasok kacang mete dari berbagai macam daerah menggunakan model DEA. Penelitian menganalisa tiap variabel yang paling berpengaruh terhadap nilai efisiensi, serta mengevaluasi nilai target hasil potential improvement yang harus dipertahankan masing-masing variabel input. Model yang digunakan adalah Data Envelopment Analysis (DEA) model DEA-CCR (Charnes, Cooper & Rhodes) orientasi input dengan variabel input yaitu cash-to-cash cycle time, lead time, biaya rantai pasok, serta fleksibilitas. Sedangkan variabel output yang digunakan adalah kesesuaian standar, pemenuhan pesanan, kinerja pengiriman, dan pendapatan. Hasil perhitungan pada model DEA menghasilkan nilai efisiensi dari setiap pemasok (Duwimustaroh.S, et al., 2016).

Berikut ini perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan, disajikan pada table dibawah ini :

Tabel. 2.4 Perbandingan Penelitian Terdahulu

NO	Aspek Pengetahuan	Penelitian Hackman dkk (2001)	Penelitian Ferdouse Saleheen, dkk (2014)	Penelitin Dewi Lestari (2015)	Penelitin Staudt.F.H (2015)	Duwimustaroh dkk (2016)	Penelitian ini (2018)
1	Kinerja dan Efisiensi Gudang	Benchmarking Efisiensi Gudang	Benchmarking, Performa dan Simulasi gudang	Managemen stock dengan Gudang	Modeling Efisiensi Gudang	Pengukuran Kinerja Rantai Pasok	Pengukuran, pengembangan dan analisis efisiensi gudang.
2	Model yang digunakan	Pendekatan variable <i>Input</i> dan <i>Output</i> . Analsisi Statistik	KPI Frazelle dan Simulasi.	KPI Frazelle dan DMAIC (<i>define, measure, analyze, improve and control</i>)	Statistik analisis, Model DEA.	Model DEA	Frazelle Model dan DEA
3	Hasil	Menghasilkan kesimpulan tingkat efisiensi pada model yang dikembangkan	Memberikan Usulan Perbaikan dari hasil benchmarking dan praktek simulasi.	Hasil analisa proses bisnis yang berlangsung, menemukan masalah dan memberikan	Memberikan alat pendukung keputusan bagi para manajer sehingga mereka bisa	Nilai efisiensi dari setiap pemasok	Hasil pengukuran Score performa Gudang, Benchmarking dan Pengukuran

		kan terhadap berbagai macam gudang yang diukur.		solusi jangka panjang bagi perusahaan	lebih efisien dalam pengelolaan kinerja gudang		efisiensi gudang.
--	--	---	--	--	--	--	----------------------

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada tahap metode penelitian menjelaskan tentang bagaimana penelitian akan dilakukan dengan rincian dan langkah-langkah penelitian dijelaskan secara detail. Pada bab ini terdiri dari penjelasan tentang objek penelitian, ruang lingkup penelitian, data yang digunakan, prosedur penelitian dan diagram alir penelitian.

3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan pada 4 perusahaan retail, swalayan dan minimarket yang berada di Yogyakarta dan Jawa tengah yang bersifat tradisional ataupun modern. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2017 sampai dengan bulan Februari 2018.

3.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian menunjukkan ruang dan batas-batas bidang yang diteliti pada perusahaan. Berikut merupakan ruang lingkup pada penelitian ini :

1. Penelitian dilakukan pada 4 perusahaan yang memiliki jenis bisnis yang sama yaitu retail, swalayan dan minimarket yang berada di Yogyakarta dan Jawa tengah. Penelitian pada perusahaan yang sejenis atau sama bertujuan agar hasil pada setiap perfroma dapat dibenchmarking.
2. Pengukuran performa gudang dilakukan berdasarkan data yang diambil secara langsung dilapangan dan data historis perusahaan.
3. Pengukuran performa menggunakan Frazelle (2002) model yaitu *Warehosue Performance Gap Analysis* , normalisasi *Snorm de Boer*, AHP untuk penentuan bobot *Key Perfomance Indicator* dan penentuan data *input* dan *output* pada model DEA.

4. Pengukuran dan analisis efisiensi menggunakan model DEA CRS Primal, CRS Dual dan VRS.
5. Pemangku kebijakan yang diteliti dan sebagai sumber data adalah manager atau owner perusahaan, supervisor gudang, dan seluruh karyawan yang terlibat dalam aktivitas gudang perusahaan.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrument penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu alat ukur waktu seperti stop watch untuk menentukan waktu siklus atau waktu yang dibutuhkan untuk karyawan dalam menyelesaikan proses tertentu pada gudang. Data yang diperoleh dari perhitungan waktu juga dapat digunakan untuk perhitungan konversi kedalam biaya.

Kemudian instrument lain yang digunakan pada penelitian ini adalah kuesioner. Kuesioner merupakan daftar pertanyaan tertulis yang akan direspon oleh responden dengan menjawab alternative yang biasanya terdefinisi dengan jelas (Sekaran.Uma, 2006). Kuesioner pada penelitian adalah kuesioner AHP untuk mendapatkan nilai bobot kepentingan tiap KPI dari Frazelle (2002) dan penentuan data *input* dan *output* pada model DEA yang direspon oleh orang yang berasal dari internal dari perusahaan seperti owner atau manager yang mendalami dalam bidang strategi pergudangan retail. Penggunaan kuesioner AHP mengacu pada Saaty (2003) dengan item-item aktivitas pada KPI pada setiap faktor yang digunakan yaitu keuangan, produktivitas, pemanfaatan, kualitas dan waktu siklus (Saaty.T.L, 2003) pada setiap aktivitas yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa metode dan cara dalam pengumpulan data yaitu :

1. Observasi.

Observasi dilakukan dengan melihat, mengamati dan meneliti secara langsung pada obyek penelitian untuk mendapatkan data primer ataupun skunder.

2. Pengukuran langsung

Pengukuran langsung dilakukan pada perhitungan waktu, digunakan alat perekam waktu atau stopwatch untuk mendapatkan nilai waktu pada proses tertentu. Hasil ini dapat digunakan sebagai data primer pada KPI waktu siklus dan digunakan untuk konversi data dalam bentuk biaya.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan kepada pemangku kebijakan dan karyawan yang beroperasi pada gudang. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data dan informasi yang sekiranya tidak dapat diperoleh dengan metode lain.

4. Dokumentasi

Dokumentasi dilakukan untuk mendapatkan data yang bersifat sudah ada pada perusahaan, seperti kebijakan perusahaan, jumlah karyawan, jam kerja dan gaji karyawan.

5. Kuesioner

Mengumpulkan data dengan menyebar angket yang berisi daftar pertanyaan untuk mendapatkan nilai bobot AHP. Bentuk kuesioner pembobotan dengan perbandingan berpasangan yang sudah dirubah untuk memudahkan dalam pengisian.

3.5 Data penelitian

Pada penelitian ini dibutuhkan data yang diambil secara langsung yaitu data primer dan data historis yang dimiliki oleh perusahaan yaitu data skunder.

1. Data Primer.

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer yang diperoleh secara langsung dengan pengukuran, wawancara dan

kuesioner. Data tersebut seperti waktu penerimaan barang, *cycle time* dan produktivitas. Sedangkan data hasil wawancara dan kuesioner digunakan untuk bobot AHP.

2. Data Skunder.

Sedangkan data skunder berupa data yang sudah dimiliki perusahaan, seperti jumlah karyawan, jam kerja, proses bisnis dan gaji karyawan.

3.6 Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, tahapan pada penelitian ini sebagai berikut :

3.6.1 Penelitian pendahuluan

- a. Studi lapangan dan pendahuluan, yaitu studi dan observasi tentang kondisi yang ada pada perusahaan-perusahaan saat ini tentang performa gudang.
- b. Perumusan masalah
- c. Tujuan penelitian

3.6.2 Identifikasi dan Pengumpulan Data

Proses pengolahan data dalam penelitian ini menjelaskan langkah-langkah mendapatkan nilai performa dan efisiensi relatif dari masing-masing DMU yang diteliti kemudian akan digunakan sebagai bahan peningkatan performa dari perusahaan.

A. Identifikasi *Decision Making Unit* (DMU)

DMU atau decision making unit dalam penelitian ini merupakan perusahaan retail yang diukur performa dan efisiensi khusus dari aktifitas pergudangan. Gudang yang diteliti pada perusahaan retail dan minimarket pada penelitian ini berjumlah 4 perusahaan yang berada di Yogyakarta dan Jawa Tengah. adapun 4 DMU tersebut adalah :

1. DMU1 : Mega Pirak Swalayan
2. DMU2 : Pamela Swalayan

3. DMU3 ; Minimarket OMI

4. DMU4 ; Biru Swalayan

B. Identifikasi variable KPI *Frazelle Model*

KPI untuk Gap performance analisis dari Frazelle terdapat lima aktivitas dalam pergudangan yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Dari lima aktifitas ini masing-masing diukur 5 faktor yang mempengaruhi didalamnya, yaitu finansial, produktifitas, utilitas, quality dan cycle time. Berikut ini merupakan prosedur yang digunakan untuk mendapatkan data untuk tiap KPI dari frazelle model :

1. *Receiving*

a. *Financial*,

$$\text{Upah karyawan per jam} = \frac{\text{Total Gaji}}{\text{Waktu Kerja}}$$

$$\text{Financial} = \text{Upah karyawan} \times \text{Jumlah Penerimaan} \times \text{Jumlah Karyawan}$$

b. *Productivity*,

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Total barang yang diterima}}{\text{Jumlah pekerja penerimaan barang} \times \text{waktu penerimaan barang}}$$

c. *Utilization*

$$\% \text{ Utilization} = \frac{\text{Luas area penerimaan}}{\text{Luas keseluruhan area}}$$

d. *Quality*

$$\text{Quality} = \frac{\text{Total barang sempurna}}{\text{Total barang yang diterima}} \times 100\% =$$

e. Cycle Time

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Jumlah penerimaan barang} \times \text{waktu penerimaan barang}}{\text{Jumlah barang yang diterima}}$$

2. Put Away

1. Financial

$$\text{Financial} = \text{Upah karyawan} \times \text{Jumlah Peletakan} \times \text{Jumlah Karyawan}$$

2. Productivity

$$\text{Productivit} = \frac{\text{Total barang yang dipindahkan}}{\text{Jumlah pekerja pemindahan barang} \times \text{waktu penerimaan barang}}$$

3. Utilization

Utilization

$$= \frac{\text{Jumlah barang yang harus dipindahkan}}{\text{kapasitas maximum}} \times 100\%$$

4. Quality

$$\text{Quality} = \frac{\text{Total barang sempurna}}{\text{Total barang yang diletakan}} \times 100\%$$

5. Cycle Time

Cycle Time

$$= \frac{\text{Jumlah pemindaha barang kedalam gudang} \times \text{waktu pemindahan barang}}{\text{Jumlah barang yang dipindahkan kedalam gudang}}$$

3. Storage

1. Financial

Financial

$$= \text{Upah karyawan} \times \text{Pemeliharaan Penyimpanan} \times \text{Jumlah Karyawan}$$

2. *Productivity*

$$\text{Productivity} = \frac{\text{Total barang yang ada digudang}}{\text{luas gudang yang digunakan untuk menyimpan barang}}$$

3. *Utilization*

$$\begin{aligned} \% \text{Utilization} &= \frac{\text{Luas penyimpanan yang digunakan}}{\text{Luas total gudang}} \\ &\times 100\% = \end{aligned}$$

4. *Quality*

$$\text{Quality} = \frac{\text{Luas Gudang yang sesuai}}{\text{Luas Total Gudang}} \times 100\%$$

5. *Cycle Time*

$$\text{Invertoy days on} = 1/\text{ITO}$$

4. *Order Picking*

1. *Financial*

$$\text{Financial} = \text{Upah karyawan} \times \text{Pengambilan} \times \text{Jumlah Karyawan}$$

2. *Productivity*

Productivity

$$= \frac{\text{Total yang akan dipersiapkan}}{\text{Jumlah Pekerja} \times \text{waktu yang digunakan untuk mempersiapkan barang}}$$

3. *Utilization*

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Jumlah barang yang harus dipindahkan}}{\text{kapasitas maximum order picking}} \times 100\%$$

4. *Quality*

$$\text{Quality} = \frac{\text{Total barang sempurna}}{\text{Total barang yang diambil}} \times 100\%$$

5. *Cycle Time*

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Jumlah pengambilan barang} \times \text{waktu pengambilan barang}}{\text{Jumlah barang yang diambil}}$$

5. *Shipping*

1. *Financial*

Financial

= Upah karyawan X Pengiriman X Jumlah Karyawan

2. *Productivity*

Productivity

$$= \frac{\text{Total yang dipindahkan}}{\text{Jumlah Pekerja} \times \text{waktu yang digunakan untuk memindahkan barang}}$$

3. *Utilization*

$$\text{Utilization} = \frac{\text{Jumlah barang yang harus dipindahkan}}{\text{kapasitas maximum shipping}} \times 100\%$$

4. *Quality*

%Quality =

5. *Cycle Time*

$$\text{Cycle Time} = \frac{\text{Jumlah pemindahan} \times \text{waktu pemindahan}}{\text{Jumlah barang yang dipindahkan}}$$

C. **Normalisasi**

Normalisasi dilakukan untuk menyetarakan skala penilain dari setiap indikator. Setiap indikator memiliki skala yang berbeda-

beda kemudian perlu dilakukan normalisasi agar memiliki skala nilai yang sama. Pada tahap ini digunakan metode *Snorm de Boer* dengan rumus :

$$S_{norm} = \frac{S_i - S_{min}}{(S_{max} - S_{min})} \times 100$$

Setelah pengukuran KPI tiap indikator pada setiap perusahaan yang diukur didapatkan, maka dicari nilai ter tinggi dan nilai terendah, kemudian dimasukan kedalam rumus *Snorm* untuk menghasilkan skor yang telah ternormalisasi pada KPI pada setiap perusahaan yang diukur.

D. **AHP**

Pembobotan dari hasil AHP berguna untuk pembobotan faktor tiap aktifitas pada KPI dan penentuan data *input* dan *output* pada model DEA. Tahap pembobotan AHP.

- a. Perbandingan berpasangan antar KPI
- b. Pembobotan pada setiap KPI
- c. Hasil AHP digunakan juga untuk menentukan data input dan output pada model DEA

E. **Identifikasi Variabel *Input-Output* DEA**

Hasil dari metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) akan didapatkan nilai bobot yang paling tinggi pada setiap factor pada masing-masing aktifitas atau KPI. Bobot paling tinggi tersebut akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan variabel *input* ataupun sebagai variabel *output*-nya.

3.6.3 **Pengolahan Data Performa Frazelle**

Perancangan dan pengukuran performa gudang dengan Frazelle (2002) model untuk perusahaan retail di Yogyakarta yaitu Maga,

Pamela dan Minimarket Omi dan Jawa Tengah yaitu Biru Swalayan dan *benchmarking*. Berikut langkah-langkah pada tahapan ini :

- a. Identifikasi kebutuhan pemangku kebijakan pada perusahaan retail saat ini.
- b. Identifikasi proses bisnis yang berjalan pada setiap perusahaan yang diteliti.
- c. Pengukuran indikator untuk performa gudang dengan variable *Key performance indicator* dari Frazelle (2002) finansial, produktivitas, utilitas, kualitas, dan *cycle time*.
- d. Menyusun model pengukuran kerja dengan berdasarkan KPI.

1. Tahap Penilaian / Scoring

- a. Bobot yang dihasilkan dari AHP untuk setiap variable KPI memiliki nilai yang berbeda.
- b. Hasil nilai normalisasi pada variable KPI setiap perusahaan dikalikan dengan bobot masing-masing tiap KPI.
- c. Setelah hasil kali diketahui maka total nilai gudang setiap perusahaan dapat diketahui.
- d. Hasil nilai skoring setiap perusahaan dipresentasikan dalam bentuk *dasbord* atau *spider web*.

2. Tahap analisis, benchmarking dan pembahasan.

1. Analisis meliputi pencapaian kinerja gudang pada setiap perusahaan yang diteliti. Dari sini para pemangku kebijakan akan mengetahui sudah sampai manakah performa gudang perusahaan mereka berjalan selama ini.
2. Benchmarking dapat dilakukan dengan melihat performa gudang perusahaan lainnya. Dari sini pemangku kebijakan dapat mengetahui posisi performa gudang perusahaan dengan perusahaan yang lainnya.

3. Program peningkatan kinerja dan performa gudang bisa dilakukan dari hasil benchmarking dengan perusahaan lain, sebagai contoh perusahaan A lemah pada aktivitas tertentu, dan perusahaan B kuat, maka perusahaan A dapat mencontoh kiat-kiat perusahaan B untuk meningkatkan performa gudangnya, ataupun sebaliknya.

3.6.4 Pengolahan dan Analisis Efisiensi Model DEA

a. Identifikasi Model

Persamaan umum untuk efisiensi relatif adalah rasio antara *input* dan *output*. Pada penelitian ini *software* yang digunakan untuk mengolah model DEA adalah LINGO 11. Metode DEA yang digunakan menggunakan *Linear Programming* untuk mengukur efisiensi model CRS *primal* adalah :

$$\text{Efisiensi relatif Max } Z_p = v1p.y1 + v2p.y2$$

Subject to

1. $u1p.x1 + u2p.x2 + u3p.x3 = 1$
2. $v1i.y1 + v2i.y2 - u1i.x1 - u2i.x2 - u3i.x3 \leq 0$ (DMU 1)
3. $v1i.y1 + v2i.y2 - u1i.x1 - u2i.x2 - u3i.x3 \leq 0$ (DMU 2)
4. $v1i.y1 + v2i.y2 - u1i.x1 - u2i.x2 - u3i.x3 \leq 0$ (DMU 3)
5. $v1i.y1 + v2i.y2 - u1i.x1 - u2i.x2 - u3i.x3 \leq 0$ (DMU 4)
6. $y1, y2 \geq 0$
7. $x1, x2, x3 \geq 0$

Keterangan :

Z = Fungsi tujuan

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

i = 1, 2, 3, dan 4. 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 model DEA untuk setiap DMU menggunakan *software* LINGO 11, sehingga diketahui hasil nilai efisiensi relatif untuk masing-masing DMU. Langkah selanjutnya adalah perhitungan dengan menggunakan model CRS *dual*. Model CRS *dual* yang digunakan adalah sebagai berikut.

Model CRS Dual :

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

Subject to

$$\begin{aligned}
v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 - s_1^+ &= v_{1p} \\
v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 - s_2^+ &= v_{2p} \\
u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 - u_{1p}\theta + s_1^- &= 0 \\
u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 - u_{2p}\theta + s_2^- &= 0 \\
u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 - u_{3p}\theta + s_3^- &= 0 \\
\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 &\geq 0 \\
s_1^+, s_2^+ &\geq 0 \\
s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- &\geq 0
\end{aligned}$$

Keterangan :

- p = DMU yang akan dihitung efisiensinya. 1, 2, 3, dan 4
 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 DMU, didapatkan nilai efisiensi dari setiap DMU. Selanjutnya perhitungan menggunakan model VRS, yaitu dengan menambahkan fungsi *convexity constrain* (batasan konveksitas) pada formulasi CRS *dual*. Berikut adalah batasan konveksitasnya :

Model VRS

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

Model perhitungan dengan menggunakan model VRS adalah sebagai berikut:

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

Subject to

$$v_{11}\lambda_1 + v_{12}\lambda_2 + v_{13}\lambda_3 + v_{14}\lambda_4 - s_1^+ = v_{1p}$$

$$v_{21}\lambda_1 + v_{22}\lambda_2 + v_{23}\lambda_3 + v_{24}\lambda_4 - s_2^+ = v_{2p}$$

$$u_{11}\lambda_1 + u_{12}\lambda_2 + u_{13}\lambda_3 + u_{14}\lambda_4 - u_{1p}\theta + s_1^- = 0$$

$$u_{21}\lambda_1 + u_{22}\lambda_2 + u_{23}\lambda_3 + u_{24}\lambda_4 - u_{2p}\theta + s_2^- = 0$$

$$u_{31}\lambda_1 + u_{32}\lambda_2 + u_{33}\lambda_3 + u_{34}\lambda_4 - u_{3p}\theta + s_3^- = 0$$

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

$$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4 \geq 0$$

$$s_1^+, s_2^+ \geq 0$$

$$s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$$

Keterangan

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

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

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

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

Jika hasil perhitungan model menghasilkan nilai TE_{VRS} > SE maka ini menunjukkan perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh efisiensi teknis murni (TE_{VRS}), sedangkan jika nilai TE_{VRS} < SE, maka menunjukkan perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh perkembangan SE.

3.6.5 Input Software LINGO 11

Software LINGO memiliki keterbatasan yaitu beberapa variabel tidak dapat terbaca oleh *software* LINGO, oleh sebab itu variabel tersebut harus diganti atau disesuaikan penggunaannya dalam *software* LINGO agar dapat terbaca. Adapun variabel yang disesuaikan dengan persamaan model yang digunakan dalam *software* LINGO adalah sebagai berikut:

1. CRS Primal

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

SUBJECT TO

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

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

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

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

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

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

END

Keterangan :

p = 1, 2, 3, dan 4 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 time*

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. CRS Dual

Model 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. VRS

Model CRS Dual

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

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

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

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

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

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

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1$$

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$P_4 \geq 0$

$P_5 \geq 0$

$O_1 \geq 0$

$O_2 \geq 0$

$I_1 \geq 0$

$I_2 \geq 0$

$I_3 \geq 0$

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 VRS

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

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 VRS

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

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

3.6.6 Analisis Sensitifitas

Analisis sensitivitas dilakukan 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 bertujuan 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.

3.6.7 Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan hasil dari pengolahan data pada penelitian ini yaitu pada bab V. Analisis dan pembahasan dilakukan dari hasil observasi proses bisnis yang berjalan pada gudang setiap DMU yang diteliti, kemudian menganalisa dan membahas hasil perhitungan score performa dari gudang tiap DMU dari perhitungan score Frazelle Model, *peer group benchmarking* dari hasil score frazelle model dan usulan perbaikan yang mungkin dilakukan.

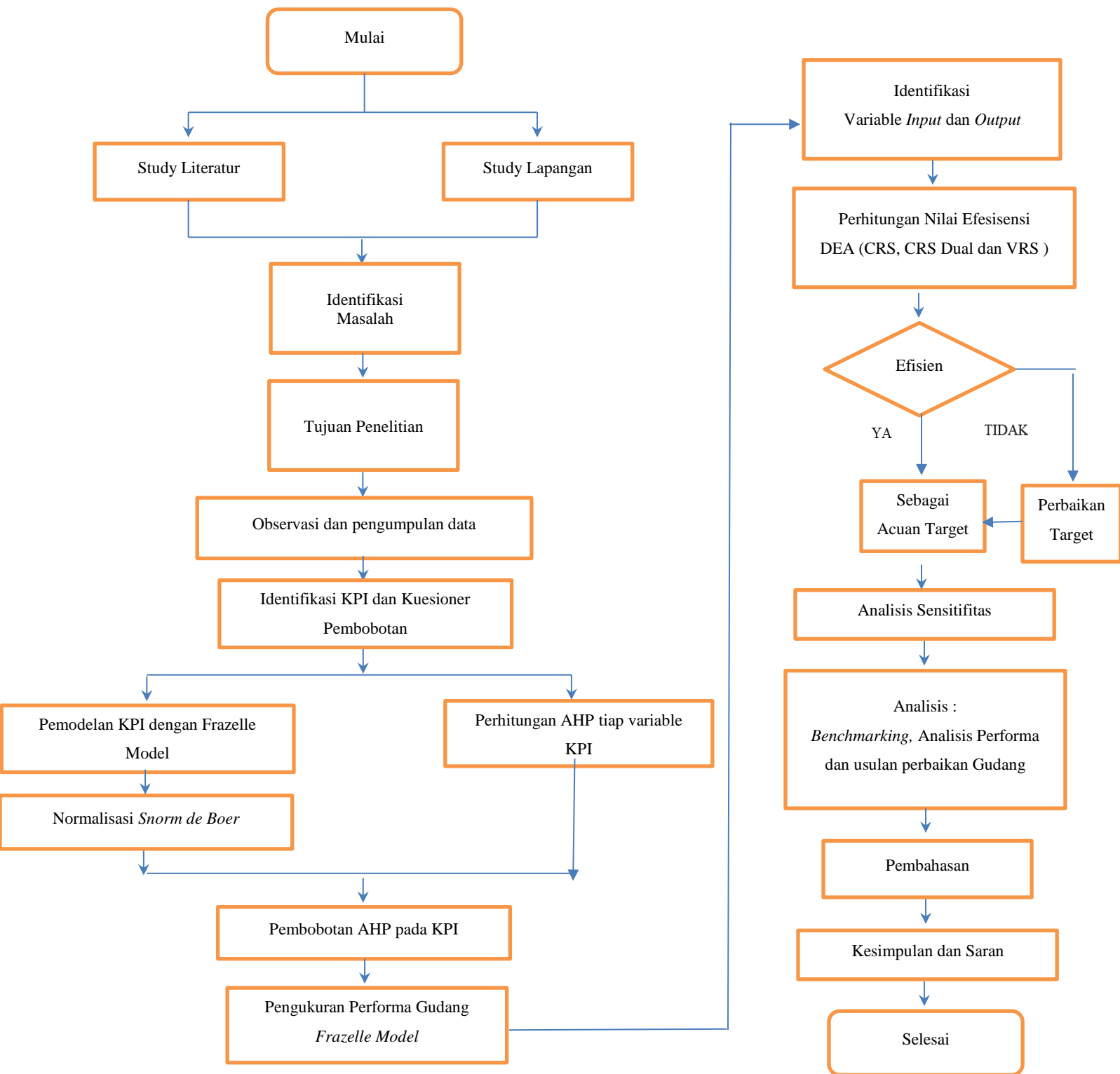
Selanjutnya analisis dan pembahasan dilakukan dari hasil pengolahan dan perhitungan dari DEA untuk model CRS primal, CRS Dual dan VRS. Hasil model DEA akan menunjukkan nilai efisiensi setiap DMU yang diteliti kemudian menunjukkan DMU yang efisien dan tidak efisien. Hasil dari CRS Dual dapat menjadi analisa untuk peningkatan target pada variable bagi DMU yang tidak efisien. Kemudian menganalisa dan membahas analisis sensitivitas untuk melihat seberapa besar pengaruh tingkat efisiensi jika perbaikan target diterapkan.

3.6.8 Kesimpulan

Hasil dari penelitian menunjukkan nilai performansi dan efisiensi dari tiap gudang dari perusahaan yang diteliti dan usulan perbaikan. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab rumusan masalah pada penelitian dan menyimpulkan hasil dari penelitian, yaitu perhitungan performa gudang dan analisis efisiensi gudang pada 4 perusahaan di Yogyakarta dan Jawa tengah.

3.7 Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir pada penelitian ini:



Gambar. 3.1 Diagram Alir Penelitian

Keterangan *flowchart*:

1. Mulai
2. Studi literature dengan mempelajari penelitian terdahulu tentang performa gudang dan efisiensi aktifitas pergudangan serta studi lapangan langsung pada gudang perusahaan retail.
3. Identifikasi masalah, mengamati dan mencari topik permasalahan yang perlu diselesaikan untuk perbaikan perusahaan.
4. Menentukan tujuan penelitian yaitu untuk mengukur dan meningkatkan performa dan efisiensi gudang pada perusahaan retail dan minimarket.
5. Pengumpulan data dilakukan pada 4 perusahaan retail di Yogyakarta yaitu Maga, Pamela dan Omi serta di daerah Jawa Tengah yaitu Biru Swalayan
6. Identifikasi Key Performance indikator dan Kuesioner AHP.
7. Memodelkan data sesuai KPI pada Frazelle Model
8. Normalisasi data KPI untuk mendapatkan nilai tiap aktifitas
9. Perhitungan pembobotan dengan AHP sebagai nilai bobot yang dikalikan dengan nilai dari tiap aktifitas Frazelle dan untuk menentukan variabel *input* dan *output* pada model DEA. Mencari bobot dari perbandingan berpasangan pada aktivitas gudang.
10. Pengukuran Score Performa gudang dari tiap perusahaan pada model Frazelle
11. Identifikasi variabel *input* dan *output*, menentukan variabel *input* dan *output* dengan menggunakan hasil AHP sebelumnya. Kemudian pengelompokan variabel *input* dan *output*, setelah mengidentifikasi variabel *input* dan *output*, maka variabel akan dikelompokkan sesuai dengan variabel *input* dan *output*.
12. Perhitungan nilai efisiensi, perhitungan nilai efisiensi dilakukan dengan *software* LINGO menggunakan model persamaan linier.
13. Efisiensi, nilai efisiensi dari masing-masing DMU hasil dari perhitungan menggunakan *software* LINGO 11. Jika DMU efisien dijadikan target

acuan untuk DMU yang tidak efisien. Jika tidak efisien maka DMU tersebut akan dilakukan perbaikan target.

14. Perbaikan target, perbaikan target dilakukan kepada DMU yang tidak efisien.
15. Analisis Sensitifitas dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh dari perbaikan target yang dilakukan pada DMU yang tidak efisien.
16. Hasil score gudang dan nilai efisiensi tiap perusahaan dianalisis dan dilakukan *benchmarking*. Dari hasil score performa dan nilai efisiensi terlihat nilai score tiap gudang dan hasilnya dapat digunakan sebagai bahan *benchmarking* antar satu sama lain.
17. Analisis dan pembahasan, menguraikan dan membahas perhitungan yang telah dilakukan pada perhitungan score performa Frazelle model dan analisis efisiensi dengan model DEA sehingga didapatkannya nilai performa, efisiensi dan pengembangan bagi tiap DMU.
18. Kesimpulan dan Saran, memberikan kesimpulan dan saran terhadap penelitian yang dilakukan.
19. Selesai.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Gudang

Penelitian dilakukan pada 4 gudang perusahaan minimarket dan retail di daerah Yogyakarta dan Jawa tengah. Pengumpulan data yang dilakukan pada gudang perusahaan dengan jenis yang sama yaitu minimarket atau retail dengan lokasi penjualan di daerah yang tidak berjauhan, dalam arti lain antar satu sama lain perusahaan dapat diartikan sebagai pesaing. Berikut ini tabel profil gudang :

Tabel 4.1 Profil Gudang

No	Nama Gudang	Pemilik	Tahun berdiri	Alamat
1	Maga Pirak Swalayan	Siti Atikah Noor	2014	Jl. Godean, Suparjo 105 Pirak, Mertosutan, Sidoluhur, Godean Degolan, Sleman, Yogyakarta
2	Pamela	Liesnani Pamella	2000	Condong Catur, Sleman, Yogyakarta.
3	OMI	PT Super Indo	2003	Jl. Tambak Bayan, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta
4	Biru Swalayan	Haji Rahmat	2001	Desa Kemplong, Wiradesa, Pekalongan.

4.1.2 Proses Bisnis Gudang

Proses bisnis pada gudang tiap perusahaan memiliki aktifitas yang hampir sama, karena tiap gudang perusahaan yang diteliti memiliki jenis bisnis yang sama yaitu perusahaan retail dan minimarket, walaupun ada perbedaan aktifitas hanya terjadi sedikit saja. Berikut ini proses bisnis dan aktifitas yang terjadi pada gudang tiap perusahaan.

1. Maga Pirak Swalayan

Pada maga swalayan aktifitas pergudangan diawali dengan datangnya barang atau *receiving* dari supplier. Barang yang datang dari supplier berupa box atau kotak yang didalamnya terdapat banyak berbagai macam merek barang dengan jenis yang sama. Aktifitas pertama yaitu ketika supplier datang dilakukan pengecekan surat order dengan barang tiba. Setelah barang sesuai barang dipindahkan dari truck pengiriman kedalam gudang barang diangkut menuju gudang menggunakan trolley. Selanjutnya barang diletakan ditempat persediaan atau *put away* pada gudang karyawan juga diberikan tugas untuk melakukan pengecekan yang berkala pada barang yang berada digudang. Kemudian pengiriman barang yang diorder berdasarkan hasil pengecekan dari display untuk stock swalayan dari gudang ke swalayan.

2. Pamela Swalayan

Swalayan Pamela mendapat pasokan barang dari pemasok lokal (Indonesia) dan luar Indonesia. Barang atau produk seperti makanan dan kebutuhan harian di pasok dari pemasok lokal, sedangkan *furniture* dipasok dari pemasok luar. Proses bisnis inventori dimulai dari *receiving* atau penerimaan barang yang dilakukan dengan menyesuaikan antara *invoice* dari supplier dan *purchase order*. Setelah sesuai maka barang atau produk diterima dan dibawa menggunakan *trolley* ke gudang (*storage*). Setelah produk sampai digudang, maka barang disusun di palet sesuai dengan karakteristik barang yaitu *food*

dan *non food* dengan luasan palet 28 m²(7m x 4m) sebanyak 7 palet. Terdapat beberapa aktivitas didalam gudang seperti pengecekan barang dan pembersihan. Aktivitas ini dilakukan oleh dua orang pekerja setiap harinya dan biasanya dibantu oleh bagian *cleaning service*. Aktivitas *order picking* pada swalayan Pamela dilakukan berdasarkan *form request* agar barang yang keluar harus sesuai dengan jumlah barang yang akan diletakkan pada *display* swalayan. *Shipping* dilakukan setelah aktifitas *order picking*, jarak antara gudang dengan *display* penjualan tidak terlalu jauh, sehingga waktu untuk melakukan shipping tidak membutuhkan waktu yang lama. Aktivitas shipping dilakukan oleh 2 orang pekerja dengan menggunakan trolley yang memiliki kapasitas angkut sebesar 8 box, barang yang diangkut memiliki varian yang berbeda sesuai permintaan swalayan.

3. Minimarket OMI

Omi mendapatkan pasokan barang atau produk dari gudang besar PT Lion Indogrosir. Barang atau produk datang setiap dua kali sepekan yaitu pada hari Kamis dan Sabtu, barang diantar menggunakan truk box. Dalam satu penerimaan, didapatkan 90 rak / box berisi campuran dari produk *food* dan *nonfood*. Form penerimaan barang yaitu surat jalan dan surat barang yang diterima. Dalam proses penerimaan / *receiving* karyawan melakukan *checking* setiap produk dengan menggunakan cek *barcode* pada setiap box yang diterima. Setelah proses *checking* telah selesai barang dimasukkan kedalam gudang menggunakan *trolley*. Produk diletakkan sesuai dengan kelompok kategori / *clusternya*. Untuk aktivitas *put away* dengan meletakkan masing-masing produk ke dalam rak gudang. Setiap karyawan pada minimarket Omi dibebankan jadwal untuk mengecek masing-masing rak pada *display* dan gudang. Ketika pengecekan *display* dan gudang, karyawan diwajibkan untuk melakukan *cleaning* produk yang berada di rak gudang. Dari aktivitas

tersebut juga memiliki fungsi sebagai pengecekan barang yang harus dipesan ulang dari gudang ke display. Aktivitas *order picking* pada minimarket Omi dilakukan secara berkala setiap pagi dan sore. Aktivitas ini dilakukan sebelum aktivitas *shipping* atau *restock* dari gudang ke display. *Order picking* tidak disertai dengan *form request*, *order picking* hanya didasarkan pada hasil pengecekan dari jumlah barang yang ada pada *display*. Ketika barang yang berada di *display* sudah berkurang, maka karyawan akan melakukan *restocking* dari gudang ke *display*. *Shipping* dilakukan setelah aktivitas *order picking*, jarak antara gudang dengan *display* tidak terlalu jauh dan jumlah produk memiliki varian yang sedikit, sehingga aktivitas *shipping* tidak terlalu sulit dilakukan.

4. Biru Swalayan

Tidak jauh berbeda dengan aktivitas gudang pada perusahaan-perusahaan sebelumnya yang sejenis, Biru swalayan juga memiliki aktivitas dan proses bisnis yang hampir sama. Biru swalayan dikelola perseorangan dengan model perusahaan swalayan yang bersifat semi modern yang juga masih beberapa system yang bersifat tradisional. Aktivitas pergudangan pada biru swalayan diawali dengan penerimaan atau *receiving* barang dari supplier yang berbeda untuk jenis makanan dan tidak makanan atau *food* dan *nonfood*. Ketika barang datang dilakukan pengecekan invoice atau surat jalan yang berisi tentang status barang yang diterima. Pada aktivitas ini swalayan biru masih menggunakan cara tradisional. Setelah barang diterima dicek secara random dan hanya sekilas. Barang yang sudah diterima dibawa menggunakan troli untuk diletakan kedalam gudang penyimpanan. Gudang penyimpanan hanya berupa rak-rak yang sederhana dan untuk beberapa dus hanya diletakan dibawah. Setiap hari terdapat pegawai yang melakukan ceking inventori dan melakukan aktivitas seperti bersih-bersih pada gudang. Setiap harinya juga pegawai bagian display

melihat barang yang perlu dipasok dan meminta ke gudang untuk segera dipenuhi. Pada aktivitas ini juga bersifat tradisional tanpa menggunakan surat permintaan. Setelah dilakukan permintaan barang yang dibutuhkan pegawai akan membawa barang tersebut untuk diletakan pada bagian display.

Dari keempat gudang pada perusahaan yang berbeda diketahui bahwa aktivitas yang dilakukan tidak jauh berbeda dan sesuai dengan variable aktivitas KPI dari Frazelle (2002), yaitu aktivitas *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*.

4.1.3 Data Variable KPI Gudang

Data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer dan skuner. data primer didapatkan dengan cara pengukuran langsung seperti mengukur waktu aktifitas dengan *stop watch*. Data skunder didapatkan dari informasi yang sudah ada pada perusahaan seperti gaji karyawan, jumlah karyawan dan jam kerja. Untuk menghasilkan data yang tepat untuk tiap matrik variable KPI yang digunakan yaitu variable KPI dari frazelle model (2002) juga harus dilakukan pengolahan data, formula yang digunakan untuk mendapatkan data seperti yang sudah dijelaskan pada bab 3 sub bab identifikasi variable KPI Frazelle dan dilakukan pada tiap gudang perusahaan yang diteliti.

Setelah dilakukanya pengolahan dan indentifikasi data variable KPI pada setiap gudang yang diteliti menghasilkan data variable KPI pada tiap gudang, yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.2 Data Gudang

	Maga	Pamela	Omi	BiruSwalayan	Min	Max
1. Receiving						
1.1 Finansial (Rp/line recieving)	47,718	44,445	31812	70,120	31812	70120
1.2 Productivity (box/man-hour)	106.67	216	108.4	100	100	216
1.3 Utilization(%)	33.3	90	98	31.3	31.3	98
1.4 Quality(%)	98.75	100	58	99	58	100
1.5 Cycle Time	1.5	2.08	0.56	1.37	2.08	0.56
2. Put Away						
2.1 Finansial (Rp/line putaway)	55,671	88,890	47.718	43.825	43.825	88,890
2.2 Productivity (box/man-hour)	11.4	12	18	16.67	11.4	18
2.3 Utilization(%)	95.24	90	55.78	62.5	55.78	95.24
2.4 Quality(%)	98.75	100	97	100	97	100
2.5 Cycle Time	0.0875	0.0833	0.055	0.06	0.087	0.055
3. Storage						
3.1 Finansial (Rp/line storage)	15.906	23,644	19,882	35,060	15,906	35,060
3.2 Productivity (box/m ²)	4.76	2.48	7.58	10	2,480	10
3.3 Utilization(%)	70	90	95	50	50	95
3.4 Quality(%)	90	99	87	99.2	87	99.2
3.5 Cycle Time	12.5	35	20	14.2	35	12.5
4. Order picking						
4.1 Finansial (Rp/line order picking)	6624	6,222	7,953	10,956	6222	10.956
4.2 Productivity (box/man-hour)	120	193	80	125	80	193
4.3 Utilization(%)	75	50	90	50	50	100
4.4 Quality(%)	100	100	94	100	94	100
4.5 Cycle Time	0.0083	0.005	0.0125	0.008	0.0125	0.005
5. Shipping						
5.1 Finansial (Rp/line recieving)	15,906	82,134	23.859	21.912	15.906	82.134
5.2 Productivity (box/man-hour)	20	112	10	60	10	112
5.3 Utilization(%)	50	90	90	26	26	90
5.4 Quality(%)	100	100	98	100	98	100
5.5 Cycle Time	0.05	0.008	0.1	0.017	0.1	0.008

Pada tabel 4.2 diatas menunjukkan data variable KPI tiap gudang. Pada data diatas terdapat kolom min dan max pada bagian kanan tabel. Kolom ini menunjukkan nilai tertinggi dan nilai terendah dari tiap data variable KPI.

Data minimal dan maksimal ini berguna untuk perhitungan normalisasi snorm de boar pada tahap selanjutnya.

4.1.4 Normalisasi *Snorm De Boar* Data Gudang

Tujuan dari pengolahan normalisasi pada penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai atau score yang tepat untuk tiap variable KPI karena setiap nilai memiliki skala pengukuran yang berbeda maka normalisasi dilakukan untuk penyeragaman. Normalisasi Snorm, dilakukan untuk menyeragamkan nilai dari data yang mempunyai skala ukuran yang berbeda-beda (Padlillah.H, et al., 2016). Formulasi *snorm de boar* yang telah ditunjukkan pada bab 3 digunakan untuk menghitung skor atau nilai tiap variable KPI pada gudang yang diteliti. Berikut tabel hasil perhitungan normalisasi snorm pada tiap gudang :

Tabel 4.3 Normalisas Data Gudang

	Maga	Pamela	Omi	Biru
1. Receiving				
1.1 Finansial (Rp/line recieving)	41.5	32.9	0	100
1.2 Productivity (box/man-hour)	5.75	100	7.24	0
1.3 Utilization(%)	3	88	100	0
1.4 Quality(%)	97.02	100	0	97.6
1.5 Cycle Time	38	0	100	46.5
2. Put Away				
2.1 Finansial (Rp/line putaway)	26.28	100	8.6	0
2.2 Productivity (box/man-hour)	0	9.09	100	79.84
2.3 Utilization(%)	100	86.72	0	17
2.4 Quality(%)	58.33	100	0	100
2.5 Cycle Time	0	11.56	100	84.37
3. Storage				
3.1 Finansial (Rp/line storage)	0	40.4	20.75	100
3.2 Productivity (box/m ²)	30.35	0	67.82	100
3.3 Utilization(%)	44.44	88.88	100	0
3.4 Quality(%)	24.59	98.36	0	100
3.5 Cycle Time	100	0	66.66	92.4
4. Order picking				

4.1 Finansial (Rp/line order picking)	8.5	0	36.56	100
4.2 Productivity (box/man-hour)	34.51	100	0	39.82
4.3 Utilization(%)	62.5	0	100	0
4.4 Quality(%)	100	100	0	100
4.5 Cycle Time	56	100	0	60
5. Shipping				
5.1 Finansial (Rp/line recieving)	0	100	13.23	9.06
5.2 Productivity (box/man-hour)	9.8	100	0	49.01
5.3 Utilization(%)	37.5	100	100	0
5.4 Quality(%)	100	100	0	100
5.5 Cycle Time	54.3	100	0	90.2

Pada dasarnya perhitungan normalisasi snorm de boar memberikan nilai maksimal 100 untuk nilai tertinggi dan 0 untuk terendah. Kemudian mencari nilai diantara 100-0 untuk data yang berada di anatar nilai maksimal dan minimal. Pada tabel 4.3 ditunjukkan hasil nilai atau score pada tiap variable dan tiap gudang yang diteliti.

4.1.5 Perhitungan *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP yang dilakukan pada penelitian ini memiliki dua tujuan, yaitu untuk mendapatkan bobot prioritas untuk mendapatkan nilai total dari tiap variable frazelle model sehingga menghasilkan nilai atau score gudang yang terbobot dari tiap gudang yang diteliti. Kemudian metode AHP juga dilakukan untuk menentukan data variable input dan output yang digunakan untuk pengolahan DEA. Data AHP didapatkan dengan menyebarkan kuesioner berpasangan kepada masing-masing supervisor, kepala gudang atau karyawan yang bertanggung jawab terhadap gudang perusahaan. Kepala gudang mengisi kuisisioner perbandingan berpasangan aktivitas-aktivitas gudang dengan memberikan tanda silang (x) pada aktivitas-aktivitas gudang yang memiliki tingkat kepentingan. Dari data kuisisioner yang telah didapatkan, kemudian data tersebut diolah menggunakan metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

- A. Penyebaran kuesioner berpasangan kepada setiap kepala gudang yang diteliti dengan mengisi tanda (x) pada kolom kuesioner. berikut contoh kuesioner yang dibagikan :

Tabel 4.4 Contoh Kuseioner AHP

<u>Kuesioner Perbandingan Berpasangan</u>																				
<u>kriteria</u>	<u>skala</u>																		<u>kriteria</u>	
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<i>Financial</i>																			<i>Productivity</i>	
																			<i>Utilization</i>	
																			<i>Quality</i>	
																			<i>Cycle Time</i>	
<i>Productivity</i>																			<i>Utilization</i>	
																			<i>Quality</i>	
																			<i>Cycle time</i>	
<i>Utilization</i>																			<i>Quality</i>	
																			<i>Cycle time</i>	
<i>Quality</i>																			<i>Cycle time</i>	

maka digunakan metode *geometric mean* untuk mendapatkan nilai bobot. Perhitungan bobot dilakukan pada tiap aktivitas yaitu *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking*, *shipping* dan bobot total aktifitas . Berikut ini hasil perhitungan AHP pada tiap aktifitas :

1. *Receiving*

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.5 Perhitungan Penggabungan Kuseioner *GeometricMean s* Aktivit*Reciving*

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/C
Maga	2	3	2	2	4	1	2	3	2	3
Pamela	2	3	2	1	3	1	2	2	2	3
Omi	4	3	2	2	4	2	2	4	2	3
Biru	2	2	3	1	2	3	3	3	3	1

Geomean	2.37841	2.71081	2.21336	1.41421	3.13017	1.56508	2.21336	2.91295	2.21336	2.27951
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi IC untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.05, Pamela 0.07, Omi 0.09 dan Biru 0.09. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria aktivitas *receiving* :

Tabel 4.6 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	0.420448955	2.71081	2.21336	1.41421
<i>Productivity</i>	2.37841	1	3.13017	1.565085	2.21336
<i>Utilization</i>	0.36889	0.319471552	1	0.343294524	0.451801
<i>Quality</i>	0.45180	0.638943104	2.91295	1	2.279507
<i>Cycle time</i>	0.707107	0.5	2.21336	0.4	1
Jumlah	4.906212	2.830664614	11.96729	5.560430442	7.35888546

Tabel 4.7 Tabel Perhitungan bobot kriteria *receiving*

Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0.20	0.15	0.23	0.40	0.19	1.17	0.23
<i>Productivity</i>	0.48	0.35	0.26	0.28	0.30	1.68	0.34
<i>Utilization</i>	0.08	0.11	0.08	0.06	0.06	0.39	0.08
<i>Quality</i>	0.09	0.23	0.24	0.18	0.31	1.05	0.21
<i>Cycle time</i>	0.14	0.16	0.18	0.08	0.14	0.70	0.14
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1.00

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap variable pada aktivitas *receiving*

adalah *Financial* = 0.23, *Productivity* = 0.34, *Utilization* = 0.08 *Quality* = 0.21, dan *Cycle time* = 0.14. Untuk nilai bobot tertinggi pada aktivitas *receiving* adalah variable *productivity*.

2. Put away

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.8 Perhitungan Penggabungan Kuesioner *GeometricMean* Aktivitas *PutAway*

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/c
Maga	3	5	2	3	4	2	2	2	3	3
Pamela	5	3	1	2	4	2	3	2	4	2
Omi	1	3	1	2	5	2	3	3	2	2
Biru	3	6	3	4	7	2	0.5	2	4	3
Geomean	2.59002	4.0536	1.56508	2.63215	4.8646	2	1.73205	2.21336	3.13017	2.44949

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi IC untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.08, Pamela 0.09, Omi 0.08 dan Biru 0.10. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria aktivitas *put away* :

Tabel 4.9 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *putaway*

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas PutAway					
Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>
<i>Financial</i>	1	0.38610	4.05360	1.5651	0.37992
<i>Productivity</i>	2.59002	1	4.86460	2	0.57735
<i>Utilization</i>	0.24669	0.20557	1	0.451801002	0.31947
<i>Quality</i>	0.63894	0.50000	2.21336	1	0.40825
<i>Cycle time</i>	2.63215	1.73205	3.13017	2.44949	1

Jumlah 7.10781 3.823715011 15.26173 7.466375582 2.68498754

Tabel 4.10 Tabel Perhitungan bobot kriteria *putway*

Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0.14	0.10	0.27	0.21	0.14	0.86	0.17
<i>Productivity</i>	0.36	0.26	0.32	0.27	0.22	1.43	0.29
<i>Utilization</i>	0.03	0.05	0.07	0.06	0.12	0.33	0.07
<i>Quality</i>	0.09	0.13	0.15	0.13	0.15	0.65	0.13
<i>Cycle time</i>	0.37	0.45	0.21	0.33	0.37	1.73	0.35
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap variable pada aktivitas *putaway* adalah *Financial* = 0.17, *Productivity* = 0.29, *Utilization* = 0.07, *Quality* = 0.13, dan *Cycle time* = 0.35. Untuk nilai bobot tertinggi pada aktivitas *putaway* adalah variable *cycle time*.

3. *Storage*

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.11 Perhitungan Penggabungan Kuesioner *GeometricMean* Aktivitas *Storage*

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/c
Maga	3	0.5	2	3	2	2	2	2	3	2
Pamela	3	4	2	3	3	3	2	2	4	2
Omi	1	0.33	3	2	2	2	2	3	4	1
Biru	2	2	3	3	2	3	2	3	3	1
Geomean	2.05977	1.07457	2.44949	2.71081	2.21336	2.44949	1	2.44949	3.4641	1.41421

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi (IC) untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka

dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.05, Pamela 0.09, Omi 0.08 dan Biru 0.09. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria aktivitas *storage*:

Tabel 4.12 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	2.059767	1.07457	2.44949	2.71081
<i>Productivity</i>	0.485	1	0.451801	0.40824829	1
<i>Utilization</i>	0.930605	2.21336	1	2.44949	3.46410
<i>Quality</i>	0.41	2.44949	0.408248	1	1.41421
<i>Cycle time</i>	0.37	1	0.288675	0.707106781	1
Jumlah	3.19	8.72	3.22	7.01	9.59

Tabel 4.13 Tabel Perhitungan bobot kriteria *storage*

Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0.31	0.24	0.33	0.35	0.28	1.51	0.30
<i>Productivity</i>	0.15	0.11	0.14	0.06	0.10	0.57	0.11
<i>Utilization</i>	0.29	0.25	0.31	0.35	0.36	1.57	0.31
<i>Quality</i>	0.13	0.28	0.13	0.14	0.15	0.83	0.17
<i>Cycle time</i>	0.12	0.11	0.09	0.10	0.10	0.52	0.10
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap variable pada aktivitas *storage* adalah *Financial* = 0.30, *Productivity* = 0.11, *Utilization* = 0.31 *Quality* = 0.17, dan *Cycle time* = 0.10. Untuk nilai bobot tertinggi pada aktivitas *storage* adalah variable *utilization*.

4. *Order Picking*

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.14 Perhitungan Penggabungan Kuesioner *GeometricMean* Aktivitas *Order Picking*

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/c
Maga	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1
Pamela	2	2	0.5	3	2	2	2	2	2	2
Omi	2	3	2	2	2	2	3	2	3	3
Biru	0.33	3	2	2	2	0.5	2	2	2	3
Geomean	1.27789	2.44949	1.41421	2.44949	2	1.41421	2.21336	1	2.44949	2.05977

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi IC untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.07, Pamela 0.08, Omi 0.05 dan Biru 0.10. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria aktivitas *Order picking* :

Tabel 4.15 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *order picking*

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	0.50	2.44949	1.41421	0.40824829
<i>Productivity</i>	1.27789	1	2	1.41421	0.45180100
<i>Utilization</i>	0.408248	0.5	1	1	0.40824829
<i>Quality</i>	0.707107	0.71	1.00	1	0.48549177
<i>Cycle time</i>	2.44949	2.21336	2.44949	2.05977	1
Jumlah	5.842731	4.920470621	8.898979	6.888194269	2.75378935

Tabel 4.16 Tabel Perhitungan bobot kriteria *order picking*

Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0.17	0.10	0.28	0.21	0.15	0.90	0.18
<i>Productivity</i>	0.22	0.20	0.22	0.21	0.16	1.02	0.20
<i>Utilization</i>	0.07	0.10	0.11	0.15	0.15	0.58	0.12
<i>Quality</i>	0.12	0.14	0.11	0.15	0.18	0.70	0.14
<i>Cycle time</i>	0.42	0.45	0.28	0.30	0.36	1.81	0.36
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap variable pada aktivitas *order picking* adalah *Financial* = 0.18, *Productivity* = 0.20, *Utilization* = 0.12 *Quality* = 0.14, dan *Cycle time* = 0.36. Untuk nilai bobot tertinggi pada aktivitas *orcer picking* adalah variable *cycle time*.

5. *Shipping*

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.17 Perhitungan Penggabungan Kuseioner *GeometricMean* Aktivitas *Shipping*

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/c
Maga	2	2	2	3	3	3	3	1	1	2
Pamela	2	3	3	2	5	3	4	2	2	3
Omi	1	2	0.5	4	2	3	3	2	2	2
Biru	1	0.5	2	2	3	4	3	0.5	0.33	2
Geomean	1	1.56508	1.56508	2.63215	3.08007	3.22371	3.22371	1.18921	1.07187	2.21336

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi IC untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.02,

Pamela 0.08, Omi 0.10 dan Biru 0.07. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria aktivitas *Shipping* :

Tabel 4.18 Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas *shipping*

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	1.56508	1.56508	2.63215
<i>Productivity</i>	1	1	3.08007	3.22371	3.22371
<i>Utilization</i>	0.638943	0.3246679	1	0.84090	0.93295
<i>Quality</i>	0.638943	0.31020162	1.18921	1	2.21336
<i>Cycle time</i>	0.379918	0.31020162	1.07187	0.45	1
Jumlah	3.657804	2.945071155	7.906235	7.081491793	10.0021677

Tabel 4.19 Tabel Perhitungan bobot kriteria *shipping*

Indikator	<i>Financial</i>	<i>Productivity</i>	<i>Utilization</i>	<i>Quality</i>	<i>Cycle time</i>	Total	Bobot
<i>Financial</i>	0.27	0.34	0.20	0.22	0.26	1.30	0.26
<i>Productivity</i>	0.27	0.34	0.39	0.46	0.32	1.78	0.36
<i>Utilization</i>	0.17	0.11	0.13	0.12	0.09	0.62	0.12
<i>Quality</i>	0.17	0.11	0.15	0.14	0.22	0.79	0.16
<i>Cycle time</i>	0.10	0.11	0.14	0.06	0.10	0.51	0.10
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap variable pada aktivitas *shipping* adalah *Financial* = 0.26, *Productivity* = 0.36, *Utilization* = 0.12, *Quality* = 0.16, dan *Cycle time* = 0.10. Untuk nilai bobot tertinggi pada aktivitas *shipping* adalah variable *productivity*.

6. Bobot Tiap Aktivitas

Berikut ini tabel hasil rekapitulasi penggabungan 4 kuesioner dengan *geometric mean*:

Tabel 4.20 Perhitungan Penggabungan Kuseioner *GeometricMean* Tiap Aktivitas

DMU	F/P	F/U	F/Q	F/C	P/U	P/Q	P/C	U/Q	U/C	Q/c
Maga	0.5	3	1	2	2	1	2	0.5	2	1
Pamela	4	4	2	1	2	2	4	3	2	3
Omi	2	2	3	1	5	2	2	2	3	2
Biru	2	2	3	1	5	2	2	2	3	2
Geomean	1.68179	2.63215	2.05977	1.18921	3.16228	1.68179	2.37841	1.56508	2.44949	1.86121

Pada tabel diatas angka dengan warna biru menjelaskan bahwa data hasil kuesioner lebih condong kekiri dan merah lebih condong ke kanan pada kusioner berpasangan. Nilai inconsistensi IC untuk tiap hasil kuesioner responden didapatkan nilai dibawah 0.1 maka dinyatakan dapat diterima dengan perhitungan menggunakan *software expert choic 11.0*, yaitu nilai IC responden maga 0.07, Pamela 0.10, Omi 0.08 dan Biru 0.08. Berikut ini tabel hasil perhitungan matriks berpasangan dan bobot kriteria untuk semua aktvitas :

Tabel 4.21 Matriks Perbandingan berpasangan setiap aktivitas

Matriks Perbandingan berpasangan aktivitas <i>Receiving</i>					
Indikator	<i>Receiving</i>	<i>Put away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>
<i>Receiving</i>	1	1.68179	2.63215	2.05977	1.18921
<i>Put away</i>	0.594604	1	3.16228	1.68179	0.42044821
<i>Storage</i>	0.379918	0.316227766	1	1.56508	0.40824829
<i>Order Picking</i>	0.485492	0.594603558	1.00	1	0.53728497
<i>Shipping</i>	0.840896	2.37841	2.44949	1.86121	1
Jumlah	3.30091	5.971038384	10.24392	8.167854273	3.55518858

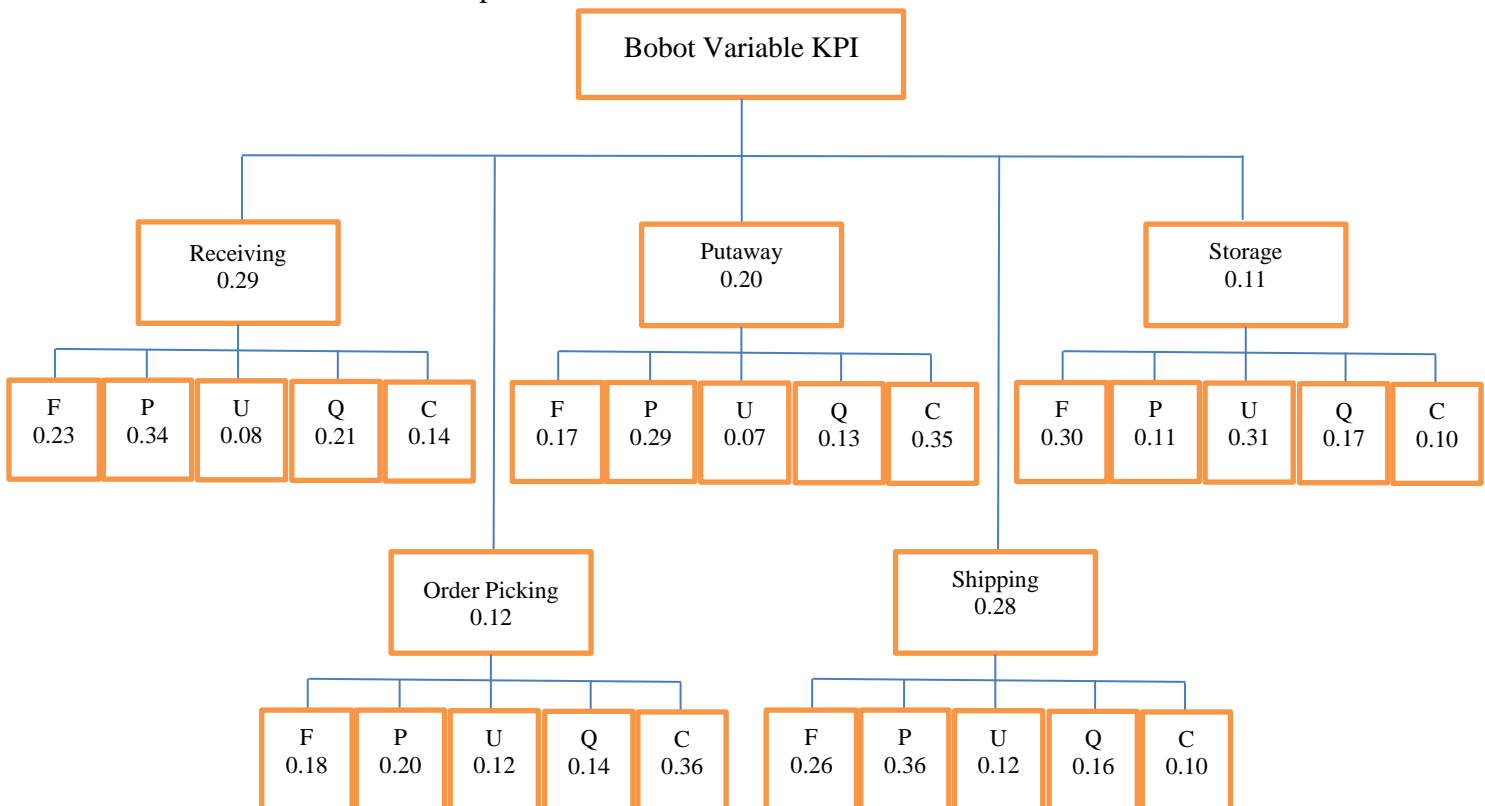
Tabel 4.22 Tabel Perhitungan bobot kriteria setiap aktivitas

Indikator	<i>Receiving</i>	<i>Put away</i>	<i>Storage</i>	<i>Order Picking</i>	<i>Shipping</i>	Total	Bobot
<i>Receiving</i>	0.30	0.28	0.26	0.25	0.33	1.43	0.29

<i>Put away</i>	0.18	0.17	0.31	0.21	0.12	0.98	0.20
<i>Storage</i>	0.12	0.05	0.10	0.19	0.11	0.57	0.11
<i>Order Picking</i>	0.15	0.10	0.10	0.12	0.15	0.62	0.12
<i>Shipping</i>	0.25	0.40	0.24	0.23	0.28	1.40	0.28
Jumlah	1	1	1	1	1	5	1.00

Dari tabel diatas hasil dari perhitungan *geometric mean* dapat diketahui bahwa bobot kriteria tiap aktivitas pada variable KPI adalah *Receiving* = 0.29, *Putaway* = 0.20, *Storage* = 0.11 *Orderpicking* = 0.12, dan *shipping* = 0.28.

Setelah didapatkan semua nilai bobot dari tiap variable dan tiap aktivitas dengan *geometric mean* pada AHP diatas, nilai bobot ditunjukkan dalam bentuk bagan hirarki. Berikut ini bagan hirarki bobot tiap variable KPI :



Gambar. 4.1 Bagan Hirarki Bobot AHP

Diagram hirarki pada gambar 4.1 menunjukkan bobot AHP untuk tiap aktivitas variable KPI dan turunannya. Bobot tersebut digunakan untuk menghitung nilai atau score akhir pada pengukuran variable KPI Frazelle dan untuk menentukan variable input dan output pada perhitungan efisiensi model DEA.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Pengukuran Nilai Performa Frazelle

Pengukuran frazelle model dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai atau score performa total tiap gudang pada perusahaan yang diteliti. Perhitungan yang dilakukan adalah dengan mengkalikan semua variable pada variable KPI dengan bobot masing-masing variable dari hasil perhitungan AHP. Selanjutnya hasil perkalian antar variable dijumlahkan dan akan menghasilkan nilai total pada tiap aktivitas variable KPI yaitu nilai *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking* dan *shipping* pada tiap gudang yang diteliti. Untuk mendapatkan nilai total akhir tiap gudang yaitu nilai tiap aktivitas dikalikan dengan bobot tiap aktivitas, kemudian hasilnya dijumlahkan untuk mendapatkan nilai performa akhir dari gudang tiap perusahaan. Berikut ini tahapan dan hasil perhitungan nilai tiap gudang:

Tabel 4.23. Hasil Tahap Perkalian Bobot dan Nilai Variable

AHP tahap 1	bobot	bobot x Hasil/Swalayan			
		maga	Pamela	Omi	Biru
1. Receiving					
1.1 Finansial (Rp/line receiving)	0.23	9.70	7.69	0.00	23.38
1.2 Productivity (box/man-hour)	0.34	1.93	33.64	2.44	0
1.3 Utilization(%)	0.08	0.24	6.95	7.89	0
1.4 Quality(%)	0.21	20.39	21.02	0	20.51
1.5 Cycle Time	0.14	5.35	0	14.07	6.54

2. Put Away					
2.1 Finansial (Rp/line putaway)	0.17	4.51	17.17	1.48	0
2.2 Productivity (box/man-hour)	0.29	0	2.60	28.55	22.80
2.3 Utilization(%)	0.07	6.67	5.78	0	1.13
2.4 Quality(%)	0.13	7.60	13.03	0	13.03
2.5 Cycle Time	0.35	0	4.00	34.58	29.17
3. Storage					
3.1 Finansial (Rp/line storage)	0.30	0.00	12.24	6.29	30.29
3.2 Productivity (box/m ²)	0.11	3.46	0	7.72	11.39
3.3 Utilization(%)	0.31	13.92	27.84	31.32	0
3.4 Quality(%)	0.17	4.06	16.24	0	16.51
3.5 Cycle Time	0.10	10.50	0	7.00	9.70
4. Order picking					
4.1 Finansial (Rp/line order picking)	0.18	1.53	0.00	6.59	18.03
4.2 Productivity (box/man-hour)	0.20	7.01	20.32	0	8.09
4.3 Utilization(%)	0.12	7.22	0	11.55	0
4.4 Quality(%)	0.14	13.97	13.97	0	13.97
4.5 Cycle Time	0.36	20.23	36.13	0	21.68
5. Shipping					
5.1 Finansial (Rp/line receiving)	0.26	0.00	25.90	3.43	2.35
5.2 Productivity (box/man-hour)	0.36	3.49	35.60	0	17.45
5.3 Utilization(%)	0.12	4.68	12.47	12.47	0
5.4 Quality(%)	0.16	15.86	15.86	0	15.86
5.5 Cycle Time	0.10	5.52	10.17	0	9.17

Pada tabel 4.23 menunjukan hasil nilai tiap variable tiap aktivitas pada tiap gudang. Sebagai contoh pada baris pertama terlihat bahwa gudang swalayan maga memiliki bobot pada variable financial aktivitas receiving

sebesar 0.23 dan memiliki nilai sebesar 9.70 dari hasil perkalian nilai normalisasi untuk variable tersebut, begitupun seterusnya untuk gudang yang lain.

Tabel 4.24. Hasil Nilai Gudang tiap Aktivitas

	Total / Swalayan			
	maga	Pamela	Omi	Biru
Receiving	37.61	69.29	24.40	50.43
put away	18.78	42.58	64.61	66.14
Storage	31.93	56.31	52.32	67.88
Order Picking	50.0	70.42	18.14	61.77

Shipping				
	29.55	100.00	15.90	44.83

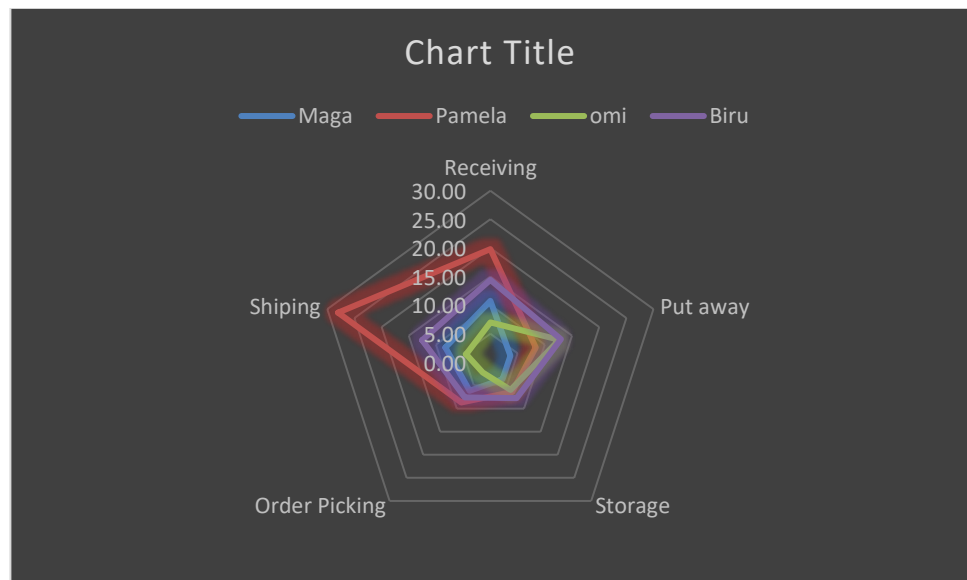
Hasil nilai performa semua aktivitas tiap gudang ditunjukkan pada tabel 4.24, pada tabel tersebut diketahui hasil nilai penjumlahan seluruh variable untuk tiap aktivitas. Sebagai contoh pada aktivitas *receiving* pada gudang swalayan maga memiliki nilai performansi sebesar 37.61, untuk swalayan Pamela sebesar 69.29, minimarket omi 24.40 dan biru swalayan sebesar 50.43, begitupun seterusnya untuk tiap aktivitas.

Tabel 4.25. Hasil Nilai Total Gudang

Activity	Bobot	Total x Bobot AHP			
		Maga	Pamela	omi	Biru
Receiving	0.29	10.74	19.79	6.97	14.41
Put away	0.20	3.68	8.35	12.67	12.97
Storage	0.11	3.65	6.44	5.99	7.77
Order Picking	0.12	6.17	8.70	2.24	7.63
Shipping	0.28	8.28	28.03	4.45	12.56

Nilai Gudang		32.54	71.31	32.32	55.34
--------------	--	-------	-------	-------	-------

Pada tabel 4.25 ditunjukkan nilai total performa gudang tiap aktivitas dengan bobot yang berbeda, sebagai contoh untuk aktivitas *receiving* maga memiliki nilai 10.74, pamela sebesar 19.79, omi sebesar 6.97 dan biru sebesar 14.41, begitu seterusnya untuk tiap aktivitas pada tiap gudang. Untuk mendapatkan nilai performa akhir gudang dilakukan penjumlahan tiap aktivitas, pada tabel diatas ditunjukkan bahwa nilai performa gudang maga sebesar 32.54, Pamela sebesar 71.31, Omi sebesar 32.32 dan Biru sebesar 55.34.



Gambar. 4.2 Spider Diagram Pefroma Gudang

Gambar 4.2 diatas menunjukkan *spider diagram* dari tiap aktivitas pada gudang yang diteliti. Garis biru pada diagram menunjukkan peforma tiap aktivitas gudang maga, sedangkan merah untuk performa swalayan Pamela, hijau untuk gudang minimarket omi

dan ungu menunjukkan performa biru swalayan. Dari diagram tersebut dapat diketahui dengan mudah perbandingan tiap performa gudang dengan bentuk visual.

4.2.2 Perhitungan *Data Evelopment Analysis* (DEA)

1. Identifikasi Variable Input dan Output

Sebelum dilakukanya pengolahan pada model DEA, perlu dilakukan identifikasi variable input dan output yang nantinya diolah menggunakan model DEA untuk setiap *Decision Making Unit* atau DMU pada kasus ini merupakan perusahaan rertail yang diteliti. Pada model DEA, data variable yang dibutuhkan berupa data input dan data output, pada kasus perusahaan retail ini variable yang digunakan merupakan akitivtas yang terjadi pada gudang yaitu: *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*.

Variable tersebut dapat dietentukan variable *independent* dan variable *dependent*. Variable independent diatas ditentukan pada aktivitas yang terjadi didalam gudang sebagai data *input* yaitu *receiving*, *putaway* dan *storage*, sedangkan variable dependent merupakan aktivitas *output* dari gudang yaitu *order picking* dan *shipping*.

Dikarenakan variable yang digunakan pada tiap aktivitas berjumlah lima yaitu *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time* maka cara yang digunakan untuk menentukan data untuk model DEA adalah melihat bobot yang paling besar dari hasil AHP yang telah dilakukan sebelumnya sebagai data pada model DEA. Berikut ini variable dengan bobot tertinggi pada tiap aktivitas:

Tabel 4.26 Variable Input dan Output

No	Aktivitas	Variable	Bobot AHP	Input / Output
1	Receiving	Productivity	0.34	Input

2	Put away	Cycle Time	0.35	Input
3	Storage	Utilization	0.31	Input
4	Order Picking	Cycle Time	0.36	Output
5	Shipping	Productivity	0.36	Output

Tabel 4.20 menunjukkan variable input dan output yang digunakan pada model DEA. Bobot paling tinggi tersebut dijadikan sebagai acuan untuk menentukan variabel *input* ataupun sebagai variabel *output*-nya.

1. *Receiving: Productivity = Receipt per man-hour (unit/jam).*
Receipt per man-hour (unit/jam) adalah rata-rata kapasitas operator untuk menerima barang per jamnya.
2. *Putaway: Cycle Time = Menit/Unit.* waktu menit untuk satu kali putaway
3. *Storage: Utilization = %Location and Cube occupied (%).*
%Location and Cube occupied (%) adalah total luasnya area yang digunakan untuk penyimpanan barang didalam gudang.
4. *Order Picking: Cycle Time: = Order picking cycle time Menit/Unit.* waktu menit untuk satu kali putaway
5. *Shipping: Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam).*
Order prepared for shipment per man-hour (unit/jam) merupakan total barang yang dilakukan dalam pengiriman barang per jamnya.

Setelah variable *input* dan *output* untuk model DEA sudah didapatkan, selanjutnya adalah menentukan data yang digunakan. Untuk tiap swalyan diwakili oleh DMU atau *Decision macking unit*, pada penelitian ini DMU 1: Maga swalyan, DMU2: Pamela, DMU3: Omi dan DMU4: Biru swalyan. Berikut ini tabel data yang digunakan pada model DEA:

Tabel 4.27 Data Variable Input dan Output

Variabel	DMU 1	DMU2	DMU 3	DMU4
X1	U11	U12	U13	U14
	106.67	216	108.4	100
X2	U21	U22	U23	U24
	5.25	5	3.3	3.6
X3	U31	U32	U33	U34
	70	90	95	50
Y1	Y11	Y12	Y13	Y14
	0.5	0.3	0.75	0.5
Y2	Y21	Y22	Y23	Y24
	20	112	10	60

Pada tabel 4.27 diatas menunjukkan data untuk variable tiap DMU yang diteliti. Tanda X menunjukkan sebagai variable *input* dan Y menunjukkan variable *output*. *Input* ke - n dalam penelitian dilambangkan dengan X_j , dimana $j = 1, 2, \text{ dan } 3$. Berikut adalah *input* yang digunakan antara lain:

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

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

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

Output ke - n dalam penelitian ini dilambangkan dengan Y_k , dimana $k = 1$ dan

2. Berikut adalah *output* yang digunakan antara lain :

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

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

1. Perhitungan Model DEA

A. Constant return of scale (CRS) Primal

Perhitungan pertama yang dilakukan adalah *Constant retrun of scale* atau CRS, perhitungan ini dilakukan untuk melihat efisiensi relative untuk tiap DMU yang diteliti dari perhitungan tipavariabel

perDMU. Data dari tabel 4.27 diolah menggunakan software LINGO 11.0 dalam bentuk linier programming. Berikut ini untuk menghitung efisien relative CRS Primal:

Model CRS Primal

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

Subject to

$$u_{1p}.x_1 + u_{2p}.x_2 + u_{3p}.x_3 = 1$$

$$v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0 \text{ (DMU 1)}$$

$$v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0 \text{ (DMU 2)}$$

$$v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0 \text{ (DMU 3)}$$

$$v_{1i}.y_1 + v_{2i}.y_2 - u_{1i}.x_1 - u_{2i}.x_2 - u_{3i}.x_3 \leq 0 \text{ (DMU 4)}$$

$$y_1, y_2 \geq 0$$

$$x_1, x_2, x_3 \geq 0$$

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*

Input LINGO 11.0 *CRS Primal*:

1. DMU 1

$$\text{Max } 0.5Y_1 + 20Y_2$$

ST

$$106.67X_1 + 5.25X_2 + 70X_3 = 1$$

(Batasan 1, total nilai *input* DMU 1 = 1)

$$0.5Y_1 + 20Y_2 - 106.67X_1 - 5.25X_2 - 70X_3 \leq 0$$

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

$$0.3Y_1 + 112Y_2 - 216X_1 - 5X_2 - 90X_3 \leq 0$$

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

$$0.75Y_1 + 10Y_2 - 108.4X_1 - 3.3X_2 - 95X_3 \leq 0$$

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

$$0.5Y_1 + 60Y_2 - 100X_1 - 3.6X_2 - 50X_3 \leq 0$$

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

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

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

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

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

End

2. DMU2

$$\text{Max } 0.3Y_1 + 112Y_2$$

ST

$$216X_1 + 5X_2 + 90X_3 = 1$$

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

$$0.5Y_1 + 20Y_2 - 106.67X_1 - 5.25X_2 - 70X_3 \leq 0$$

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

$$0.3Y_1 + 112Y_2 - 216X_1 - 5X_2 - 90X_3 \leq 0$$

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

$$0.75Y_1 + 10Y_2 - 108.4X_1 - 3.3X_2 - 95X_3 \leq 0$$

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

$$0.5Y_1 + 60Y_2 - 100X_1 - 3.6X_2 - 50X_3 \leq 0$$

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

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

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

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

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

End

3. DMU 3

$$\text{Max } 0.75Y_1 + 10Y_2$$

ST

$$108.4X_1 + 3.3X_2 + 95X_3 = 1$$

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

$$0.5Y_1 + 20Y_2 - 106.67X_1 - 5.25X_2 - 70X_3 \leq 0$$

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

$$0.3Y_1 + 112Y_2 - 216X_1 - 5X_2 - 90X_3 \leq 0$$

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

$$0.75Y_1 + 10Y_2 - 108.4X_1 - 3.3X_2 - 95X_3 \leq 0$$

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

$$0.5Y_1 + 60Y_2 - 100X_1 - 3.6X_2 - 50X_3 \leq 0$$

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

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

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

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

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

End

4. DMU4

$$\text{Max } 0.5Y_1 + 60Y_2$$

ST

$$100X_1 + 3.6X_2 + 50X_3 = 1$$

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

$$0.5Y_1 + 20Y_2 - 106.67X_1 - 5.25X_2 - 70X_3 \leq 0$$

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

$$0.3Y_1 + 112Y_2 - 216X_1 - 5X_2 - 90X_3 \leq 0$$

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

$$0.75Y_1 + 10Y_2 - 108.4X_1 - 3.3X_2 - 95X_3 \leq 0$$

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

$$0.5Y_1 + 60Y_2 - 100X_1 - 3.6X_2 - 50X_3 \leq 0$$

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

$$Y_1 \geq 0$$

$$Y_2 \geq 0$$

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

$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

$$X_3 \geq 0$$

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

End

Setelah dilakukan pengolahan CRS dengan menggunakan software LINGO 11 didapatkan hasil efisiensi relative tiap DMU sebagai berikut:

Tabel 4.28 Efisiensi DMU CRS Primal

DMU	Efisiensi	Keterangan
DMU1	0.8086574	Tidak Efisien
DMU2	1	Efisien
DMU3	1	Efisien
DMU4	1	Efisien

Hasil dari perhitungan model CRS Primal menunjukkan bahwa DMU1 tidak efisien dengan nilai efisien DMU1 0.8086574. Untuk DMU2, DMU3 dan DMU 4 dinyatakan efisien dengan nilai efisien sama dengan 1.

Selain menghasilkan nilai efisiensi, model CRS Primal juga menghasilkan nilai bobot rata-rata tiap variable. Nilai bobot rata-rata variable menunjukkan variable mana yang paling tinggi untuk tiap DMU.

Tabel 4.29 Bobot Rata-rata tiap Variable

Variable	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	Rata-Rata
Y1	1.617315	0	1.333333	0.754386	0.9262585
Y2	0	0.008928571	0	0.001038012	0.002491646
X1	0.003964007	0	0.003267974	0	0.001807995
X2	0	0.2	0	0.002777778	0.050694445
X3	0.008245134	0	0.006797386	0	0.00376063

Nilai bobot didapatkan dari model CRS primal yang diolah pada *software LINGO 11*, nilai bobot merupakan nilai optimum variable dalam mencapai fungsi tujuan. Hasil dari perhitungan penjumlahan tiap nilai variable dibagi dengan jumlah DMU menghasilkan nilai bobot rata-rata. Seperti pada tabel diatas ditunjukkan urutan variable yang paling mempengaruhi yaitu Y1 (Order Picking) dengan nilai 0.9262585, X2 (Putaway) dengan nilai 0.050694445, X3 (Storage) dengan nilai 0.00376063, Y2 (Shipping) dengan nilai 0.002491646, dan X1 (Receiving) 0.001807995.

B. Constant Return of Scale (CRS) Dual

Setelah dilakukanya perhitungan CRS Primal, selanjutnya perlu dilakukan perhitungan dengan model CRS Dual untuk menentukan target perbaikan. Model CRS Dual menghasilkan nilai Slack Variabel

yang digunakan sebagai nilai perbaikan. Berikut ini formulasi CRS Dual oleh Moses (2008) yang digunakan:

Model CRS Dual

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

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

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

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

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

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

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$P5 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

Setelah didapatkan formulasi CRS Dual proses selanjutnya perhitungan menggunakan LINGO 11.0, berikut ini formulasi untuk tiap DMU:

1. DMU1

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.5$$

(Batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1 = *output* Y1 DMU 1)

$$20P_1 + 112P_2 + 10P_3 + 60P_4 - O_2 = 20$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 1)

$$106.67P_1 + 216P_2 + 108.4P_3 + 100P_4 - 106.67Z + I_1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X1 DMU 1= 0)

$$5.25P_1 + 5P_2 + 3.3P_3 + 3.6P_4 - 5.25Z + I_2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X2 DMU 1 = 0)

$$70P_1 + 90P_2 + 95P_3 + 50P_4 - 70Z + I_3 = 0$$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X3 DMU 1 = 0)

$$P_1 \geq 0$$

$$P_2 \geq 0$$

$$P_3 \geq 0$$

$$P_4 \geq 0$$

$$O_1 \geq 0$$

$$O_2 \geq 0$$

$$I_1 \geq 0$$

$$I_2 \geq 0$$

$$I_3 \geq 0$$

END

FREE Z

2. DMU2

$$\text{MIN } Z - 0.0009O_1 - 0.0009O_2 - 0.0009I_1 - 0.0009I_2 - 0.0009I_3$$

SUBJECT TO

$$0.5P_1 + 0.3P_2 + 0.75P_3 + 0.5P_4 - O_1 = 0.3$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 2)

$$20P_1 + 112P_2 + 10P_3 + 60P_4 - O_2 = 112$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 2)

$$106.67P_1 + 216P_2 + 108.4P_3 + 100P_4 - 216Z + I_1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X1 DMU 2= 0)

$$5.25P_1 + 5P_2 + 3.3P_3 + 3.6P_4 - 5Z + I_2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X2 DMU 2 = 0)

$$70P_1 + 90P_2 + 95P_3 + 50P_4 - 90Z + I_3 = 0$$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X3 DMU 2 = 0)

$$P_1 \geq 0$$

$$P_2 \geq 0$$

$$P_3 \geq 0$$

$$P_4 \geq 0$$

$$O_1 \geq 0$$

$$O_2 \geq 0$$

$$I_1 \geq 0$$

$$I_2 \geq 0$$

$$I_3 \geq 0$$

END

FREE Z

3. DMU3

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.75$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 3)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 10$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 3)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 108.4Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 3+*slackinput* X1 DMU 3= 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 3.3Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 3+*slackinput* X2 DMU 3 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 95Z + I3 = 0$$

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

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

END

FREE Z

4. DMU4

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.5$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 4)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 60$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 4)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 100Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X1 DMU 4= 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 3.6Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X2 DMU 4 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 50Z + I3 = 0$$

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

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

```

P3 >= 0
P4 >= 0
O1 >= 0
O2 >= 0
I1 >= 0
I2 >= 0
I3 >= 0
END
FREE Z

```

Model CRS Dual yang diproses menggunakan LINGO 11, menghasilkan nilai TE (*technical effisien*) dan *Slack Variable*. Berikut ini tabel hasil perhitungan:

Tabel 4.30 Nilai ϕ , TE dan *Slack Variabel* model CRS dual

NO	DMU	ϕ	TE	Slack Variable
1	DMU1	0.7952339	1.257491	O1 : 1.553568 I1 : 0.004017985 I3 : 0.005823908
2	DMU2	1	1	-
3	DMU3	1	1	-
4	DMU4	1	1	-

Nilai TE didapatkan dengan rumus $1 / Z$, untuk DMU1 TE sebesar 1.257491. Sedangkan DMU2, DMU3 dan DMU4 bernilai TE = 1 karena nilai $Z = 1$ dan dianggap efisien. Untuk DMU1 terdapat slack pada variable O1 sebesar 1.553568, I1 sebesar: 0.004017985 dan I3 sebesar 0.005823908.

C. Variable Return to Scale (VRS)

Perhitungan model VRS bertujuan 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. $s_1^-, s_2^-, s_3^-, s_4^-, s_5^- \geq 0$

Setelah didapatkan formulasi VRS proses selanjutnya perhitungan menggunakan LINGO 11.0, berikut ini formulasi untuk tiap DMU :

1. DMU1

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.5$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 1)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 20$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 1)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 106.67Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 1+*slackinput* X1 DMU 1= 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 5.25Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 1 + *slack input* X2 DMU 1 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 70Z + I3 = 0$$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 1 + *slack input* X3 DMU 1 = 0)

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1$$

(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU = 1)

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

END

FREE Z

2. DMU2

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.3$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1 = *output* Y1 DMU 2)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 112$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 2)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 216Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X1 DMU 2= 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 5Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X2 DMU 2 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 90Z + I3 = 0$$

(batasan 5 *input* X3, yaitu jumlah nilai *input* X3 – efisiensi relatif DMU 2+*slackinput* X3 DMU 2 = 0)

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1$$

(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

END

FREE Z

3. DMU3

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

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.75$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 - *slack output* Y1 = *output* Y1 DMU 3)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 10$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 - *slack output* Y2 = *output* Y2 DMU 3)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 108.4Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 - efisiensi relatif DMU 3 + *slackinput* X1 DMU 3 = 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 3.3Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 - efisiensi relatif DMU 3 + *slackinput* X2 DMU 3 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 95Z + I3 = 0$$

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

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1$$

(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU =1)

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

END

FREE Z

4. DMU4

$$\text{MIN } Z - 0.0009O1 - 0.0009O2 - 0.0009I1 - 0.0009I2 - 0.0009I3$$

SUBJECT TO

$$0.5P1 + 0.3P2 + 0.75P3 + 0.5P4 - O1 = 0.5$$

(batasan 1 *output* Y1, yaitu jumlah nilai *output* Y1 – *slack output* Y1=*output* Y1 DMU 4)

$$20P1 + 112P2 + 10P3 + 60P4 - O2 = 60$$

(batasan 2 *output* Y2, yaitu jumlah nilai *output* Y2 – *slack output* Y2=*output* Y2 DMU 4)

$$106.67P1 + 216P2 + 108.4P3 + 100P4 - 100Z + I1 = 0$$

(batasan 3 *input* X1, yaitu jumlah nilai *input* X1 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X1 DMU 4= 0)

$$5.25P1 + 5P2 + 3.3P3 + 3.6P4 - 3.6Z + I2 = 0$$

(batasan 4 *input* X2, yaitu jumlah nilai *input* X2 – efisiensi relatif DMU 4+*slackinput* X2 DMU 4 = 0)

$$70P1 + 90P2 + 95P3 + 50P4 - 50Z + I3 = 0$$

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

$$P1 + P2 + P3 + P4 = 1$$

(batasan 6, jumlah konveksitas level *input* dan *output* dari masing-masing DMU = 1)

$$P1 \geq 0$$

$$P2 \geq 0$$

$$P3 \geq 0$$

$$P4 \geq 0$$

$$O1 \geq 0$$

$$O2 \geq 0$$

$$I1 \geq 0$$

$$I2 \geq 0$$

$$I3 \geq 0$$

END

FREE Z

Hasil dari perhitungan model VRS menghasilkan nilai TE (*technical efficiency*) dan nilai *Slack Variable*. Berikut ini hasil model VRS dengan Lingo 11.

Tabel 4.31 Nilai \emptyset , TE dan *Slack Variabel* model VRS

NO	DMU	\emptyset	TE	Slack Variable
1	DMU1	0.8862205	1.128387	I1 : 0.007839805
2	DMU2	1	1	-
3	DMU3	1	1	-
4	DMU4	1	1	-

Hasil dari model VRS pada table menunjukajn Nilai TE didapatkan dengan rumus $1 / Z$, untuk DMU1 TE sebesar 1.128387. Sedangkan DMU2, DMU3 dan DMU4 bernilai TE 1 karena nilai $Z = 1$ dan dianggap efisien. Untuk DMU1 terdapat slack pada variable I1 sebesar: 0.007839805.

D. Scale Efficiency (SE)

Hasil dari perhitungan model CRS dan VRS telah 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} adalah sebagai berikut :

Tabel 4.32 *Technical Efficiency CRSdual, Technical Efficiency VRS, dan SE*

No	DMU	$TE_{CRSDual}$	TE_{VRS}	SE	Keterangan
1	DMU1	1.257491	1.128387	1.114414	$TE_{VRS} > SE$ Dipengaruhi oleh efisiensi teknis murni (TE_{VRS})
2	DMU2	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$
3	DMU3	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$
4	DMU4	1	1	1	$TE_{VRS}=SE$

Pada tabel diatas ditunjukkan bahwa DMU1 memiliki nilai TEVRS lebih besar dari *Scale Efficiency* (SE), maka dapat diketahui bahwa DMU1 perubahan efisiensinya dipengaruhi oleh teknis murni.

E. Perbaikan Target

Hasil pada perhitungan model CRS Dual dihasilkan pada DMU 1 terjadi slack pada variable O1 (Order Picking), variable I1 (*Receiving*) dan variable I3 (*Storage*). Sedangkan hasil perhitungan model VRS terjadi slack pada DMU1 pada variable I1 (*Receiving*). Perbaikan untuk variable input didapatkan dengan dua cara tergantung pada variabelnya.

Tabel 4.33 *Slack* Variabel DMU 1

Variable	Slack Variable
DMU 1 CRS <i>Dual</i>	O1 : 1.553568
	I1 : 0.004017985
	I3 : 0.005823908
DMU 1 VRS	I1 : 0.007839805

Slack pada hasil Lingo merupakan *Reduce cost* yang diartikan ditambahkan atau dikurangkan untuk menghasilkan nilai yang lebih optimum. Untuk perhitungan dilakukan dengan mengurangi hasil perkalian efisiensi dan nilai actual dengan dengan nilai slacknya dan untuk penambahan dilakukan dengan menambahkan nilai slack pada nilai variable aktualnya .Untuk perbaikan variable Output dengan menambahkan nilai actual dengan nilai slacknya.

$$\text{input : } X = \theta * X_{ij} - S_i$$

$$\text{output : } Y = Y_{ij} + S_o$$

1. Perbaikan DMU1 CRS Dual

$$\begin{aligned} \text{Perbaikan target } \textit{Order Picking} &= Y_{ij} + S_o \\ &= 0.5 + 1.553568 \\ &= 2.05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbaikan target } \textit{Receiving} &= \theta * X_{ij} - S_i \\ &= (0.7952339 \times 106.67) - 0.004017985 \\ &= 84.82358213 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbaikan target } \textit{Storage} &= \theta * X_{ij} - S_i \\ &= (0.7952339 \times 70) - 0.005823908 \\ &= 55.66054909 \end{aligned}$$

2. Perbaikan DMU1 VRS

$$\begin{aligned} \text{Perbaikan target } \textit{Receiving} &= (\theta * X_1) - I_1 \\ &= (0.8862205 \times 106.67) - 0.007839805 \\ &= 94.52530093 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perbaikan target pada DMU 1 ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.34 Perbaikan target DMU 1

Variable	Simbol	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Target VRS
<i>Receiving, Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	X1	106.67	84.82358213	94.52530093
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	X2	5.25	5.25	5.25
<i>Storage, %Location and Cube occupied (%)</i>	X3	70	55.66054909	70
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	Y1	0.5	2.05	0.5
<i>shipment per man-hour (unit/jam)</i>	Y2	20	20	20

Dari tabel diatas ditunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai variable aktual dengan nilai target pada DMU1. Pada DMU1 ini mengalami perbaikan baik dari hasil CRS Dual ataupun VRS. Dari perbedaan ini dapat diketahui berapa persentase perbaikan atau *improve* yang bisa dicapai pada DMU 1 dari nilai aktualnya. Untuk persentase *improve* perbaikan target CRS *dual* dan target VRS pada DMU 1 akan ditampilkan pada tabel berikut ini:

Tabel 4.35 Presentase perbaikan CRS Dual DMU1

Variable	Nilai Aktual	Target CRS Dual	Selisih	Presentase (%)
<i>Receiving, Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	106.67	84.82358213	21.84641787	20.48
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	5.25	5.25	0	0
<i>Storage, %Location and Cube occupied (%)</i>	70	55.66054909	14.33945091	20.48
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	0.5	2.05	1.55	310
<i>shipment per man-hour (unit/jam)</i>	20	20	0	0

Tabel 4.36 Presentase Perbaikan VRS DMU1

Variable	Nilai Aktual	Target VRS	Selisih	Presentase (%)
<i>Receiving, Receipt per man-hour (unit/jam)</i>	106.67	94.52530093	12.14469907	11.38529959
<i>Putaways cycle tme (unit/jam)</i>	5.25	5.25	0	0
<i>Storage, %Location and Cube occupied (%)</i>	70	70	0	0
<i>Order picking cycle time (unit/order)</i>	0.5	0.5	0	0
<i>shipment per man-hour (unit/jam)</i>	20	20	0	0

Dari perhitungan yang sudah dilakukan, DMU 1 memiliki 2 solusi untuk perbaikan target, yaitu target CRS *dual* dengan perbaikan pada variable *Receiving*, *Storage* dan *Order Picking* sedangkan perbaikan target VRS pada variable *Receiving*. Untuk pemilihan target dilihat dari nilai $TE_{VRS} > SE$ artinya adalah pada DMU 1 perubahan efisiensi dipengaruhi oleh teknis murni (TE_{VRS}), maka perbaikan target mengacu kepada target CRS *dual*, karena efisiensi dipengaruhi oleh efisiensi teknik murni.

F. Analisis Sensitifitas DMU1

Perhitungan analisis sensitifitas bertujuan untuk mengetahui perubahan peningkatan efisiensi dari DMU yang mengalami target peningkatan, yaitu pada DMU1. Nilai *dual price* hasil dari perhitungan model CRS *dual* dan VRS digunakan sebagai acuan dikarenakan suatu fungsi pembatas akan mengikat fungsi tujuan jika mempunyai nilai

tersebut. Berikut ini merupakan Tabel analisis sensitifitas CRS Dual pada DMU 1.

Tabel 4.37 *Dual Price* dan kontribusi terhadap \emptyset CRS *dual* DMU 1

DMU	Variable	<i>Dual Price</i>	Perbaikan	Kontribusi terhadap \emptyset	Peningkatan \emptyset
DMU1 CRS Dual	Y1 (<i>Order Pickin</i>)	-1.554468	0.5	-0.777234	0.0179999
	X1 (<i>Receiving</i>)	0.004917985	21.84641787	0.107440355	0.902674255
	X3 (<i>Storage</i>)	0.006723908	14.33945091	0.096417149	15.13468481
\emptyset CCR <i>dual</i> DMU1 =	0.7952339	\sum Kontribusi terhadap \emptyset =	-0.573376496	Efisiensi perbaikan =	0.221857404

Analisis sensitifitas pada tabel diatas didapatkan berdasarkan hasil dari CRS Dual untuk DMU1. Nilai perbaikan didapatkan dari selisih antara nilai target dengan nilai aktual dari variable Y1 (Order Picking), X1 (Receiving) dan (X3 Storage). Untuk nilai *Dual Price* didapatkan dari hasil perhitungan model CRS Dual pada LINGO 11 pada tiap variable yang mengalami perbaikan target. Untuk menghitung kontribusi perbaikan target terhadap peningkatan nilai efisiensi yaitu dengan cara mengalikan nilai perbaikan dengan *dual price*, sehingga dapat dilihat peningkatan efisiensinya sebesar kontribusi variabel yang bersangkutan dari nilai efisiensi awal. Total kontribusi perbaikan target terhadap efisiensi adalah -0.573376496, nilai didapatkan dari akumulasi nilai kontribusi dari variable Y1, X1 dan X3. Besarnya nilai perbaikan dijumlahkan dengan efisiensi 0.7952339 akan menyebabkan DMU1 melakukan perbaikan sesuai dengan penetapan target yang ada, maka DMU1 akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.221857404. Selanjutnya dilakukan analisis sensitifitas pada VRS yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.38 *Dual Price* dan kontribusi terhadap \emptyset VRS DMU 1

DMU	Variable	<i>Dual Price</i>	Perbaikan	Kontribusi terhadap \emptyset	Peningkatan \emptyset
DMU1 VRS	X1 (<i>Receiving</i>)	0.008739805	12.92084	0.112925622	0.999146122
\emptyset VRS <i>dual</i> DMU1 =	0.8862205	\sum Kontribusi terhadap \emptyset =	0.112925622	Efisiensi perbaikan =	0.999146122

Pada tabel diatas ditunjukkan hasil analisis sensitifitas model VRS pada DMU1. Nilai *dual price* didapatkan dari hasil perhitungan model VRS untuk DMU1 pada variable X1 yaitu variable yang mengalami perbaikan target. Untuk perhitungan analisis sensitifitas sama seperti yang dilakukan sebelumnya pada CRS Dual namun yang membedakan pada VRS hanya satu variable yang mengalami perbaikan target yaitu X1. Efisiensi awal yaitu sebesar 0.8862205 dengan nilai kumulatif kontribusi terhadap efisiensi sebesar 0.112925622. Dengan DMU1 melakukan perbaikan sesuai dengan target maka DMU1 akan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 0.999146122.

Pada hasil perhitungan *dual price* pada CRS dual terdapat nilai *dual price* yang positif dan nilai negative. Pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model CRS *dual* terdapat Y1 bernilai negatif, variable X1 dan X2 bernilai positif. Sedangkan pada perhitungan *dual price* dengan menggunakan model VRS tidak terdapat pada variable X1 bernilai positif. Bernilai positif memiliki arti setiap kenaikan 1 satuan pada variable tersebut akan meningkatkan efektivitas DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya. Sedangkan *dual price* yang bernilai negatif, artinya setiap kenaikan 1 satuan pada variable tersebut akan menurunkan tingkat efisiensi DMU yang berkaitan sebesar *dual price*-nya.

Dari hasil analisis sensitifitas terlihat bahwa CRS Dual memberikan perbaikan efisiensi lebih besar yaitu 19.79987902 dari pada hasil VRS. Maka pada DMU1 melakukan perbaikan efisiensi mengacu pada hasil CRS Dual.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan } \emptyset &= \emptyset \text{ DMU 2} + \text{Total Kontribusi Peningkatan terhadap } \emptyset \\
 &= 0.7952339 + (-0.53376496) \\
 &= 0.221857404
 \end{aligned}$$

4.2.3 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan diberikan berdasarkan analisa hasil perhitungan dan *benchmarking* dari pengolahan frazelle model dan *data envelopment analysis*. Usulan perbaikan bertujuan agar digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk meningkatkan performa dari gudang tiap perusahaan. Berikut ini tabel usulan perbaikan secara keseluruhan yang mungkin dilakukan dan diterapkan bagi tiap perusahaan:

1. Usulan perbaikan secara umum :

Tabel 4.39 Usulan Perbaikan Performa

Activity	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time
Receiving	Mempercepat waktu siklus penerimaan	Perlunya peningkatan terus menerus dan pemberdayaan sumber daya manusia	Memaksimalkan Penggunaan	Memilih pemasok yang handal	Mempercepat waktu siklus penerimaan
Put Away	Mempercepat durasi memindahkan barang ke gudang		Gunakan troli atau alat bantu angkut untuk memindahk	Pindahkan barang dengan hati-hati dan teliti	Hindari akumulasi barang di area penerimaan lebih dari 24 jam

Activity	Financial	Productivity	Utilization	Quality	Cycle Time
			an barang ke gudang.		
Storage	Simpan barang langsung ke rak. Jangan menempatkan barang di lorong.	Memperbesar area yang digunakan untuk menyimpan barang. Semakin besar area gudang yang digunakan untuk menyimpan barang semakin besar kapasitas gudang		Periksa barang di gudang secara berkala.	Kurangi nilai <i>turn over</i> persediaan
Order Picking	Minimalikan waktu <i>setup</i> untuk pengambilan order	Perlunya peningkatan berkelanjutan dan pemberdayaan sumber daya manusia	Mempersiapkan pesanan berdasarkan lokasi barang (menggunakan rute terpendek)	Persiapkan barang dengan hati-hati dan teliti	Mempercepat waktu siklus pengambilan order atau barang yang dibutuhkan di display
Shipping	Terapkan 5s		Gunakan peralatan material untuk pemindahan	Pindahkan barang dengan hati-hati dan teliti	Mempercepat waktu pengiriman

Usulan perbaikan pada tabel diatas dapat diperlakukan kepada semua gudang pada perusahaan yang diteliti, tidak hanya berlaku pada gudang

dengan nilai performa kecil namun juga dapat diterapkan pada semua gudang perusahaan yang diteliti.

2. Perbaikan untuk tiap gudang

- Gudang Maga

Usulan perbaikan diberikan guna meningkatkan performa dan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan model Frazelle (2002) gudang maga swalayan memiliki nilai aktivitas *receiving* sebesar 10.74, *putaway* 3.68, *storage* 3.65, *order picking* 6.17 dan *shipping* 8.28. Gudang maga juga memiliki nilai total 32.54 menjadi gudang dengan nilai termasuk rendah kedua dibandingkan dengan ke-4 gudang lainnya. Dari hasil analisis hampir semua aktivitas dari gudang maga memiliki nilai yang kecil sehingga perlu perbaikan yang cukup banyak dan signifikan. Berikut ini tabel usulan perbaikan tiap aktivitas pada gudang maga :

Tabel 4.40 Usulan Perbaikan Performa Gudang Maga

Aktivitas	Nilai Performa	Usulan Perbaikan
Receiving	10.74	Mempercepat waktu siklus penerimaan, untuk mengurangi pemborosan waktu dan berdampak pada biaya. Kurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.

PutAway	3.68	<p>Perlunya peningkatan terus menerus dan pemberdayaan sumber daya manusia.</p> <p>Hindari akumulasi barang di area peletakan yang tidak tepat.</p>
Storage	3.65	<p>Tingkatkan dan pertahankan performa yang sudah berjalan, lakukan perbain secara terus menerus.</p> <p>Memberikan penghargaan dan kesejahteraan secara financial kepada pegawai dikarenakan nilai financial pada storage sangat rendah</p>
OrderPicking	6.17	<p>Pada aktivitas ini masih termasuk</p>

		yang belum baik , dan harus tetap konsisten dan perbaikan terus menerus. Memberikan kesejahteraan bagi pegawai
Shipping	8.28	Pindahkan barang dengan hati-hati dan teliti.Tingkatkan akurasi dalam peletakan pada display. Maksimalkan penggunaan alat bantu.

Maga swalayan juga dapat melakukan *benchmarking* dengan perusahaan lainya untuk meningkatkan peforma aktivitas yang masih lemah. Untuk maga disarankan melakukan benchmarking dengan Omi atau Biru untuk aktivitas yang masih belum optimal dan saling melengkapi satu sama lain dikarenakan memiliki proximity matrix yang dekat.

- Gudang Pamela

Usulan perbaikan diberikan guna meningkatkan performa dan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan model Frazelle (2002) gudang Pamela swalayan memiliki nilai

aktivitas *receiving* sebesar 19.79, *putaway* 8.35, *storage* 6.44, *order picking* 8.70 dan *shipping* 28.03. Pamela memiliki nilai total 71.31 dan menjadikannya nilai terbesar dibandingkan dengan gudang minimarket yang lainnya. Namun masih ada nilai yang dibawah 10 pada aktivitas *putaway*, *storage* dan *order picking*. Berikut usulan yang diberikan kepada Pamela swlayan untuk meningkatkan performa gudang :

Tabel 4.41 Usulan Perbaikan Performa Gudang Pamela

Aktivitas	Nilai Performa	Usulan Perbaikan
Putaway	8.35	Mempercepat waktu siklus penerimaan, untuk mengurangi pemborosan waktu dan berdampak pada biaya. Kurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.

Storage	6.44	Perbesar penggunaan storage. Jika tidak dapat diperbesar lebih baik maksimalkan tempat yang sudah ada hindari peletakan kardus yang tidak digunakan didalam storage.
Orderpicking	8.70	Minimalkan waktu <i>setup</i> untuk pengambilan order. Kurangi waktu tunggu antar order

- Gudang Omi

Usulan perbaikan diberikan guna meningkatkan performa dan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan model Frazelle (2002) gudang minimarket Omi memiliki nilai aktivitas *receiving* sebesar 6.97, *putaway* 12.67, *storage* 5.99, *order picking* 2.24 dan *shipping* 4.45. Omi memiliki nilai total 32.32. Secara nilai performa gudang omi memiliki nilai performa paling rendah dibandingkan ke4 lainnya, berikut usulan yang diberikan kepada minimarket omi:

Tabel 4.42 Usulan Perbaikan Performa Gudang Minimarket Omi

Aktivitas	Nilai Performa	Usulan Perbaikan
Receiving	6.97	Peningkatan standar kualitas, karena memiliki kualitas penerimaan yang rendah. Meningkatkan kinerja dan ketelitian pada pegawai. Penambahan man power.
Put Away	12.67	Optimisasi sumberdaya dan penggunaan alat bantu. Peningkatan standar kualitas.
Storage	5.99	Kualitas barang yang berada didalam storage tidak terkontrol secara maksimal, dengan luas gudang yang tidak besar, haru lebih memaksimalkan

		tempat dan meningkatkan control terhadap kualitas barang. jauhkan makanan dengan produk yang mengandung bahan kimia bila memungkinkan diberikan jarak dan skat.
Orderpicking	2.24	Kualitas juga perlu ditingkatkan dalam hal pengambilan barang dari storage untuk dikirim ke display, mempersingkat waktu aktivitas dan kurangi aktivitas yang tidak perlu.
Shipping	4.45	Gunakan peralatan material untuk pemindahan untuk mempercepat waktu. Optimalisasi sumberdaya.

- Gudang Biru

Usulan perbaikan diberikan guna meningkatkan performa dan perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan dengan model Frazelle (2002) gudang biru swalayan memiliki nilai aktivitas *receiving* sebesar 14.41, *putaway* 12.97, *storage* 7.77, *order picking* 7.76 dan *shipping* 12.56. Biru swalayan memiliki nilai total 55.34. Berikut usulan yang diberikan kepada Biru swalayan:

Tabel 4.43 Usulan Perbaikan Performa Gudang Biru

Aktivitas	Nilai Performa	Usulan Perbaikan
Receiving	14.41	Mempercepat waktu siklus penerimaan, untuk mengurangi pemborosan waktu dan berdampak pada biaya. Kurangi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.

PutAway	12.97	<p>Perlunya peningkatan terus menerus dan pemberdayaan sumber daya manusia.</p> <p>Hindari akumulasi barang di area peletakan yang tidak tepat.</p>
Storage	7.77	<p>Simpan barang langsung ke rak. Jangan menempatkan barang di lorong. Waktu untuk melakukan monitor gudang dipercepat dan ditingkatkan akurasi untuk mengurangi waktu dan biaya yang dikeluarkan</p>
OrderPicking	7.63	<p>Persiapkan barang dengan hati-hati dan teliti</p>
Shipping	12.56	<p>Gunakan alat bantu dalam pemindahan untuk mengurangi resiko barang cacat</p>

		dan mengurangi waktu.
--	--	-----------------------

Setelah diketahui terdapat DMU yang berada pada posisi yang tidak optimal atau efisien dari hasil pengolahan DEA yaitu DMU1, maka DMU1 dapat dilakukan perbaikan berdasarkan DMU yang efisien dengan cara *peer group*. Proses ini dilakukan dengan *Hirarchial Cluster Analysis* dengan bantuan *soft ware* spss 16.0 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.44 *Proximity Matrix*

Case	<i>Squared Euclidean Distance</i>			
	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4
DMU1	0	20820	731.858	2047.211
DMU2	20820	0	22010	17760
DMU3	731.858	22010	0	4595.712
DMU4	2047.211	17760	4595.712	0

Dari tabel 4.44 dapat diketahui bahwa jarak terkecil atau terdekat dari DMU1 adalah DMU3, maka DMU1 dapat mengacu DMU3 sebagai perbaikan peningkatan efisiensi dan performa gudang. Perbaikan target mengacu kepada model CRS karena nilai yang dihasilkan adalah $TE_{VRS} > SE$, karena perubahan efisiensi DMU dipengaruhi oleh teknis murni. Perbaikan target DMU 1 yang mengacu model CRS akan ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.45 Usulan Perbaikan target dan solusi perbaikan DMU 1

Variabel Inefisien	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan	Solusi Perbaikan
Y1	0,5 unit/order	2.05 unit/order	Memberikan peningkatan pada pegawai agar kinerja dan efisiensi meningkat dalam melakukan aktivitas <i>order picking</i> , mengurangi kegiatan yang bersifat <i>non value added</i> , dan memperbaiki system order agar lebih akurat.
X1	106,6 unit/jam	83.27 unit/jam	Peningkatan dilakukan dengan mengurangi beban pekerja pada saat aktivitas <i>receiving</i> barang, meningkatkan ketelitian dan mengantisipasi terjadinya resiko kecelakaan pada pekerja.
X3	70%	55.26%	Mengurangi area penggunaan area untuk penyimpanan agar dapat digunakan untuk keperluan lain, karena masih terdapat <i>space</i> yang tidak digunakan.

Dari tabel 4.45 ditampilkan usulan perbaikan untuk meningkatkan tingkat efisiensi pada DMU1 yaitu gudang maga swalayan. Usulan perbaikan diberikan berdasarkan hasil analisa observasi dilapangan dengan

hasil dari DEA yang menunjukkan bahwa pada DMU1 yang perlu dilakukan perbaikan yaitu pada variable Y1, X1 dan X3.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Proses Bisnis Gudang

Proses bisnis gudang pada empat perusahaan yang diteliti memiliki kemiripan secara keseluruhan. Aktivitas yang berjalan pada keempat gudang perusahaan juga sesuai dengan variable KPI dari Frazelle (2002) yaitu penerimaan barang, *Put Away* atau peletakan barang pada gudang, *Storage* atau penyimpanan barang dalam gudang, *Order Picking* atau pengambilan barang dalam gudang, dan *shipping* yaitu pengiriman barang, dalam kasus swalayan dan minimarket ini barang dari gudang dikirim pada bagian display. Dari kelima aktivitas tersebut terdapat lima indikator didalamnya sebagai acuan pengukuran performa yaitu *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*. (Staudt.F.H, 2015).

Dengan bisnis dan aktivitas yang sama dapat dilakukan pula analisis tingkat efisiensi dengan membandingkan antar perusahaan atau *decision macking unit* DMU. Kemudian dilakukanya perbaikan pada DMU yang tidak efisien kepada DMU yang lain yang lebih efisien. Untuk perusahaan atau entitas yang memiliki bisnis yang sama, penggunaan DEA dapat diidentifikasi sebagai alat yang cocok sebagai evaluasi kinerja dan analisi tingkat efisiensi (Mohammadi.A, et al., 2015).

5.2 Nilia Performa Gudang Frazelle

Untuk mendapatkan nilai performa gudang pada penelitian ini menggunakan variable KPI dari model frazelle (2002) yaitu berdasarkan aktivitas dasar pada kegiatan warehousing yaitu *receiving*, *putaway*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Didalam kelima variable tersebut terdapat lima indikator yaitu *financial*, *productivity*, *utilization*, *quality* dan *cycle time*. Untuk mendapatkan nilai performa gudang dilakukan pengolahan dengan beberapa cara atau metode yang dilakukan.

5.2.1 Normalisasi data

Normalisasi data dilakukan dengan metode *snorm de boar*, metode ini akan menghasilkan nilai 0 sampai dengan 100 dengan membandingkan dari

data asli. Untuk menentukan skor atau nilai akhir gudang menggunakan *snorm de boar* (Kusrini, et al., 2018). Tujuan dari normalisasi data untuk menyamakan skala dari data yang didapat. Hasil ditunjukkan pada tabel 4.3, pada tabel aktivitas pertama yaitu *receiving* pada indikator *financial* didapatkan nilai 41.5 untuk maga swalayan, 32.9 untuk pamela, 0 untuk omi dan nilai 100 untuk biru swalayan, maka dapat diketahui bahwa omi memiliki nilai untuk indikator *financial* pada aktivitas *receiving* terbaik yaitu 100 dan biru terendah yaitu 0. Untuk indikator *financial* memiliki arti lebih besar lebih baik, ini dikarenakan disesuaikan dengan standar minimal upah atau gaji karyawan sesuai dengan peraturan pemerintah dengan akan lebih baik dalam memberikan kesejahteraan financial kepada pegawai maka dapat diketahui bahwa omi lebih sedikit mengeluarkan *financial* pada aktivitas *receiving* dibandingkan dengan swalayan yang lainnya hal yang sama juga dilakukan pada setiap variable financial pada setiap aktivitas. Hal tidak berlaku pada indikator *cycle time* untuk semua aktivitas, dikarenakan gudang dengan *cycle time* lebih sedikit maka lebih baik. Sedangkan untuk indikator yang lain yaitu *productivity*, *utilization* dan *quality* ditetapkan nilai yang besar maka lebih baik, sebagai contoh pada aktivitas *receiving* indikator *productivity* didapatkan nilai 5.57 untuk maga, 100 untuk pamela, 7.24 untuk omi dan 0 untuk biru, ini dapat diartikan bahwa Pamela memiliki nilai *productivity* yang paling besar dan lebih baik daripada gudang yang lainnya. Untuk aktivitas selanjutnya dapat dilakukan pembacaan dan analisa yang sama.

5.2.2 AHP

Tahap *analytical hirarcy process* atau AHP dilakukan untuk mendapatkan nilai bobot prioritas untuk tiap indikator dan tiap aktivitas dari variable KPI yang diukur. Data didapatkan dari hasil penyebaran kuesioner berpasangan kepada manager, supervisor atau kepala gudang pada perusahaan yang diukur. Proses dan hasil AHP ditunjukkan pada subbab

4.1.5, pada gambar 4.1 ditunjukkan bagan hasil bobot yang didapatkan. Untuk bobot aktivitas *receiving* didapatkan 0.29, dengan masing-masing indikator *financial* sebesar 0.23, *productivity* 0.34, *utilization* 0.08, *quality* 0.21 dan *cycle time* 0.14. Aktivitas *put away* didapatkan 0.20, dengan masing-masing indikator *financial* sebesar 0.17, *productivity* 0.29, *utilization* 0.07, *quality* 0.13 dan *cycle time* 0.35. Aktivitas *storage* didapatkan 0.11, dengan masing-masing indikator *financial* sebesar 0.30, *productivity* 0.11, *utilization* 0.31, *quality* 0.17 dan *cycle time* 0.10. Aktivitas *order picking* didapatkan 0.12, dengan masing-masing indikator *financial* sebesar 0.18, *productivity* 0.20, *utilization* 0.12, *quality* 0.14 dan *cycle time* 0.36. Sedangkan aktivitas *shipping* didapatkan 0.28, dengan masing-masing indikator *financial* sebesar 0.26, *productivity* 0.36, *utilization* 0.12, *quality* 0.16 dan *cycle time* 0.10.

Selain untuk bertujuan untuk mendapatkan bobot prioritas pada variable KPI, hasil dari AHP juga digunakan untuk menentukan variable input dan output pada metode *data envelopment analysis* atau DEA untuk mengetahui tingkat efisiensi.

5.2.3 Pengukuran Nilai Performa Frazelle

Salah satu tujuan dari pengukuran performa kinerja gudang merupakan untuk mengetahui seberapa jauh gudang telah bekerja, berapa nilai gudang yang dimiliki dan posisi performa gudang yang dimiliki dibandingkan dengan performa gudang perusahaan lainnya, diukur dengan variable KPI yang tepat mewakili semua aktivitas yang terjadi pada gudang, biasanya perusahaan sering memiliki masalah dalam menentukan ukuran dalam pengukuran gudang dan memvisualisasikannya. Dari sini akan terlihat proses-proses yang penting dari kegiatan *warehousing* dan dapat diketahui cara untuk meningkatkan performa perusahaan tersebut. Hasil dari pengukuran dapat ditampilkan dalam bentuk visual dashboard yang mudah difahami. (Piela.J, 2017)

Berdasarkan nilai performa gudang setelah dilakukan perhitungan dengan dasar pada model Frazelle (2002), dapat dilihat bahwa gudang pamela memiliki nilai kinerja keseluruhan tertinggi yaitu 64.57. Gudang pamela lebih unggul dalam *receiving*, *order picking* dan *shipping*. Hal ini karena dalam *receiving*, *order picking* dan *shipping*, gudang pamela memaksimalkan utilitasnya, meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya. Aktivitas *order picking* merupakan salah satu proses logistik internal yang dipastikan melibatkan tenaga kerja dan waktu yang padat, aktivitas ini bisa dianggap bertanggung jawab atas lebih dari 50 persen biaya operasi sebuah gudang (Richards.G, 2011). Sementara itu, gudang minimarket pamela swalayan memiliki nilai *Receiving* dan *Shipping* yang tinggi yaitu sebesar 19.79 dan 28.03 ini karena tidak ada penumpukan barang dan menggunakan troli secara efektif sehingga mempercepat durasi aktivitas *put away* dan *order picking*. Sementara kinerja yang baik dalam penyimpanan dengan nilai 7.77, karena perputaran persediaan tinggi, dengan kata lain tidak ada penumpukan barang di gudang dalam jangka panjang di gudang biru dan pemanfaatan financial yang baik, namun masih harus tetap melakukan perbaikan dalam penataan *storage*. Nilai peforma terendah terjadi pada gudang milik Omi swalayan, omi hanya mendapatkan nilai 32.32 untuk performa gudangnya, dibandingkan dengan gudang yang lainnya omi mendapat nilai terendah pada aktivitas *order picking* yaitu 2.24, tingkat *quality*, *productivity* dan *cycle time* yang rendah menyebabkan performa gudangnya rendah. Ini dapat disebabkan ketidak siapan dan kurang maksimalnya pegawai dalam menghadapi aktivitas ketika barang terorder dan perlu peningkatan standar kualitas.

Pada gambar 4.2 diketahui sebagai *dashboard* atau hasil nilai performa tiap gudang tiap aktivitas dalam bentuk visualisasi, dari sini paramanager gudang dapat melihat dan menganalisa performa gudang mereka secara visual sehingga memudahkan dalam pengamatan. Hasil ini dapat digunakan

oleh manajer gudang untuk meningkatkan kinerja gudangnya dengan mengacu pada kinerja gudang terbaik. Kinerja tertinggi pada setiap aktivitas bisa menjadi pengaturan target untuk gudang lain untuk meningkatkan kinerjanya. Peluang untuk peningkatan untuk setiap gudang dapat dilihat pada tabel 4.30 yaitu usulan perbaikan.

5.3 Analisis Perhitungan Tingkat Efisiensi DEA

5.3.1 Analisis *Variable Input* dan *Output*

Sebelum dilakukannya perhitungan tingkat efisiensi dengan menggunakan model DEA atau *data environment analysis* perlu dilakukan analisis data *variable input* dan *output* sebagai masukan untuk perhitungan linier programming pada model DEA. Pada penelitian ini menggunakan hasil dari perhitungan AHP yang telah dilakukan sebelumnya dengan melibatkan kepada manager atau kepala gudang sebagai responden. Setiap aktivitas memiliki *variable* dengan indikator yang ditentukan dengan hasil nilai bobot tertinggi. Sebagaimana pada tabel 4.26, diketahui untuk aktivitas *receiving* menggunakan indikator *productivity* dengan bobot AHP 0.34 sebagai *variable input* dengan satuan unit/ jam, aktivitas *put away* menggunakan indikator *cycle time* dengan bobot AHP 0.29 sebagai *variable input* dengan satuan unit/ jam, aktivitas *storage* menggunakan indikator *utilization* dengan bobot AHP 0.31 sebagai *variable input* dengan satuan % penggunaan lokasi, aktivitas *order picking* menggunakan indikator *cycle time* dengan bobot AHP 0.36 sebagai *variable output* dengan satuan unit/ jam, dan aktivitas *shipping* menggunakan indikator *productivity* dengan bobot AHP 0.36 sebagai *variable output* dengan satuan unit/ jam.

Data final yang digunakan ditunjukkan pada tabel 4.27, dengan symbol *variable* dirubah untuk memudahkan dalam perhitungan linier programming DEA pada soft ware LINGO 11.0, dengan tanda atau symbol X menunjukkan *variable input* dan Y sebagai *output*. *Variable input* $X_1 = Receipt\ per\ man-hour$ (unit/jam), $X_2 = Putaways\ cycle\ tme$ (unit/jam), $X_3 = \%Location\ and$

Cube occupied (%), untuk variable *output* yaitu $Y_1 = \text{Order picking cycle time}$ (unit/order) dan $Y_2 = \text{Order prepared for shipment per man-hour}$ (unit/jam).

5.3.2 *Constan Retrun to Scale (CRS) Primal*

Metode *CRS Primal* digunakan dengan tujuan untuk mengukur tingkat efisiensi tiap gudang atau DMU dengan menghasilkan nilai atau tingkat efisiensi relative tiap gudang atau DMU yang diteliti. Dengan membandingkan tingkat efisiensi antar DMU sebagai batasan dalam menghitung efisiensi relatif DMU yang diteliti, maka menghasilkan batasan *input* dan *output* harus memiliki hubungan linier. Ketika DMU tingkat efisiensinya bernilai 1, maka DMU tersebut dalam hal ini adalah gudang dikatakan efisien, sedangkan DMU dengan nilai efisien kurang dari 1 maka dianggap tidak efisien.

Hasil perhitungan *CRS primal* dengan menggunakan software LINGO 11.0 dapat dilihat pada tabel 4.28, yaitu terdapat 1 DMU yang memiliki nilai dibawah 1 atau dapat diartikan tidak efisien yaitu DMU 1 atau gudang swalayan maga dengan nilai 0.80806574. Sedangkan untuk DMU 2, 3 dan 4 memiliki nilai efisiensi 1 maka dapat dikatakan efisien. Hasil ini juga memiliki arti bahwa DMU1 harus memperbaiki atau meningkatkan tingkat efisiennya dibandingkan dengan DMU yang lain. Begitu juga untuk DMU yang dinyatakan efisien juga harus tetap menajag konsistensi efisiennya karena tingkat efisien dapat berubah ketika nantinya diukur lagi (Aji.G.F & Sri.U, 2013).

Perhitungan *CRS Primal* juga menghasilkan nilai bobot rata-rata tiap variable, nilai ini digunakan untuk mengetahui variable mana yang memiliki nilai bobot tinggi dan paling berpengaruh. Dapat dilihat pada tabel 4.20 hasil dari bobot rata-rata tiap variable, variable Y_1 yaitu *order picking* merupakan

variable paling berpengaruh dengan nilai bobot rata-rata nilai 0.9262585, sedangkan X2 (*putaway*) sebagai variable paling berpengaruh kedua dengan nilai 0.050694445, diikuti X3 (*Storage*) dengan nilai 0.00376063, kemudian variable Y2 (*Shipping*) dengan nilai 0.002491646, dan X1 (*Receiving*) 0.001807995. Dari hasil nalisis ini DMU yang tidak efektif dapat digunakan sebagai acuan untuk meningkatkan efisien dengan melaukan pada variable yang paling berpengaruh dan membandingkanya dengan DMU lain.

5.3.3 *Constan Retrurn to Scale (CRS) Dual*

CRS Dual merupakan perhitungan yang dilakukan selanjutnya setelah perhitungan CRS Primal. Pada CRS dual akan dihasilkan nilai *slack variable*, nilai slack variable ini nantinya digunakan untuk acuan perbaikan peningkatan efisiensi. Nilai variable optimal dan nilia slack variable didapatkan dari perhitungan CRS Dual yang dapat digunakan sebagai acuan untuk peningkatan efisiensi bagi DMU yang binefektif (Laksono.M.S & Viki.C, 2015). Hasil dari CRS dual juga menampilkan nilai TE (*technical effisein*) seperti pada tabel 4.30. Hasil perhitungan CRS dual menghasilkan nilai untuk gudang maga swalayan atau DMU1 memiliki nilai TE sebesar 1.257491. Sedangkan untuk gudang Pamela atau DMU2, gudang minimarket OMI atau DMU3 dan Biru swalayan atau DMU4 bernilai TE sebesar 1 karena nilai $Z = 1$ dan dianggap efisien. Untuk gudang yang dianggap tidak efisien yaitu pada gudang maga swalayan atau DMU1 terdapat slack pada variable Y1 sebesar 1.553568, X1 sebesar: 0.004017985 dan X3 sebesar 0.005823908.

5.3.4 *Technical Effisien CRS*

Tingkat efisiensi yang telah dicapai dengan cara minimalisir tingkat atau jumlah input yang digunakan untuk menghasilkan tingkat output yang telah ditentukan ataupun memaksimalkan output (Aji.G.F & Sri.U, 2013). Pada penelitian ini TE dapat dianalisis dari hasil output LINGO 11.0 pada pengolahan CRS Primal dan CRS DAL.

A. *Technical Effisiensi CRS DMU1*

Gudang maga swalayan sebagai DMU 1 memiliki nilai fungsi tujuan sebesar 0.8086574 yang artinya nilai efisiensi gudang maga swalayan atau DMU 1 adalah 0.8086574, dengan nilai optimal tingkat efisiensi pada variabel keputusan Y1 sebesar 1.617315, maka nilai optimum variabel keputusan Y1 agar mencapai fungsi tujuan adalah sebesar 1.617315. Nilai optimal efisiensi dari variabel keputusan X1 adalah 0.003964007, maka nilai optimal pada variabel X1 untuk mencapai fungsi tujuan adalah 0.003964007. Nilai optimal efisiensi untuk variabel keputusan X3 adalah 0.008245134, maka nilai optimal pada variabel X3 untuk mencapai fungsi tujuan adalah 0.008245134. Untuk variabel yang memiliki nilai 0 bukan berarti tidak memiliki pengaruh namun variable tersebut pengaruhnya sangat kecil terhadap fungsi tujuan. Pada hasil perhitunagn CRS *primal* DMU1 terdapat beberapa variabel yang memiliki nilai *reduced cost*, *reduced cost* untuk variable Y2 adalah sebesar 13.57593, maka pada variabel Y2 dapat dilakukan penurunan atau peningkatan sebesar 13.57593 agar fungsi tujuan Y2 dapat mencapai nilai yang maksimal. Sedangkan untuk variable X2 memiliki *reduce cost* sebesar 1.3339083, maka pada variabel X2 dapat dilakukan penurunan atau peningkatan sebesar 1.3339083 agar fungsi tujuan X2 dapat mencapai nilai yang maksimal. Sedangkan untuk variabel dengan nilai *reduced cost* sebesar 0 maka variabel keputusan positif. Pada DMU1 terdapat nilai *slack variable output* adalah variabel Y1 yaitu sebesar 1.55356 dan *slack variable input* pada variabel X1 yaitu sebesar 0.004017985 dan variable X3 sebesar 0.005823908. Dengan demikian, nilai variabel *input* X1 harus diturunkan sebesar 0.004017985 dan variable *input* X3 sebesar 0.005823908 sedangkan nilai variabel *output* Y1 harus

dimaksimalkan dan dinaikan sebesar 1.55356 agar mencapai hasil yang optimal.

B. *Technical Effisiensi CRS DMU2*

Gudang Pamela atau DMU 2 memiliki nilai fungsi tujuan 1.000000 yang artinya adalah nilai efisiensi DMU 1 adalah 1.000000 maka DMU2 dianggap efisien. DMU2 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan Y2 sebesar 0.008928571, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan Y2 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.008928571. Sedangkan variable X2 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan sebesar 0.2000000, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan X2 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.200000. Variabel yang memiliki nilai 0 bukan berarti tidak memiliki pengaruh namun variabel tersebut pengaruhnya sangat kecil terhadap fungsi tujuan. DMU2 memiliki nilai *reduced cost* sebesar 0 maka variabel keputusan tersebut positif dan DMU 2 juga memiliki nilai efisiensi 1 maka dapat diartikan nilai *output* yang dihasilkan oleh DMU 2 lebih besar dan lebih baik dari pada DMU yang tidak efisien sehingga menghasilkan tidak ada *slack variable* baik dari *slack variable input* maupun *slack variable output*.

C. *Technical Effisiensi CRS DMU 3*

Gudang minimarket omi atau DMU 3 memiliki nilai fungsi tujuan 1.000000 yang artinya adalah nilai efisiensi DMU 3 adalah 1.000000 maka DMU3 dianggap efisien. DMU2 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan Y1 sebesar 1.333333, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan Y1 agar mencapai fungsi tujuan adalah 1.333333. Untuk variable X1 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan sebesar 0.003267974, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan X1 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.003267974. Sedangkan variable X3 memiliki efisiensi nilai

optimal variabel keputusan sebesar 0.006797386, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan X3 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.006797386. Variabel yang memiliki nilai 0 bukan berarti tidak memiliki pengaruh namun variabel tersebut pengaruhnya sangat kecil terhadap fungsi tujuan. DMU3 memiliki nilai *reduced cost* sebesar 0 maka variabel keputusan tersebut positif dan DMU 3 juga memiliki nilai efisiensi 1 maka dapat diartikan nilai *output* yang dihasilkan oleh DMU 3 lebih besar dan lebih baik dari pada DMU yang tidak efisien sehingga menghasilkan tidak ada *slack variable* baik dari *slack variable input* maupun *slack variable output*.

D. Technical Efisiensi CRS DMU 4

Gudang minimarket omi atau DMU 4 memiliki nilai fungsi tujuan 1.000000 yang artinya adalah nilai efisiensi DMU 4 adalah 1.000000, maka DMU4 dianggap efisien. DMU4 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan Y1 sebesar 0.7543860, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan Y1 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.7543860. Untuk variable Y2 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan sebesar 0.01038012, dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan Y2 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.01038012. Sedangkan variable X2 memiliki efisiensi nilai optimal variabel keputusan sebesar 0.2777778 dengan demikian nilai optimum dari variabel keputusan X2 agar mencapai fungsi tujuan adalah 0.2777778. Variabel yang memiliki nilai 0 bukan berarti tidak memiliki pengaruh namun variabel tersebut pengaruhnya sangat kecil terhadap fungsi tujuan. DMU4 memiliki nilai *reduced cost* sebesar 0 maka variabel keputusan tersebut positif dan DMU 4 juga memiliki nilai efisiensi 1 maka dapat diartikan nilai *output* yang dihasilkan oleh DMU 4 lebih besar dan lebih baik dari pada DMU

yang tidak efisien sehingga menghasilkan tidak ada *slack variable* baik dari *slack variable input* maupun *slack variable output*.

5.3.5 *Variable Return of Scale (VRS) DMU*

Untuk menyempurnakan perhitungan CRS Dual, perlu dilakukan perhitungan VRS atau *variable return of scale* dengan cara menambahkan nilai konveksitas atau *convexity constrain* yaitu $\sum_{r=1}^n \lambda_r = 1$, yaitu pembatas dari bobot DMU yang menunjukkan efisiensi teknis murni. Metode CRS memungkinkan pengukuran efisiensi secara global, namun pada kenyataannya bisa jadi perilaku optimal dihalangi oleh beberapa factor, untuk itu perlu VRS untuk membedakan efisiensi teknis murni dan efisiensi skala (Dar.F.Q, et al., 2016). Hasil perhitungan VRS terdapat 1 DMU yang memiliki nilai efisiensi kurang dari 1 dan dianggap tidak efisien yaitu DMU1 atau gudang maga swalayan. DMU1 tidak dalam kondisi efisien dengan nilai efisiensi relatif sebesar 0.8862205 dan nilai *technical efficiency* sebesar 1.128387. Pada DMU1 juga terdapat nilai *slack variable* pada variable Y1 sebesar 0.7839805. Untuk DMU2, DMU3 dan DMU4 dianggap efisien dengan nilai efisiensi 1.

5.3.6 *Scale Efficiency (SE)*

Penggunaan *Scale Efficiency (SE)* bertujuan untuk meminimalisir kesalahan yang terjadi saat perhitungan efisiensi teknis dari CRS dan VRS akibat DMU yang tidak dalam keadaan optimal. SE juga memberikan informasi apakah DMU berada pada SE yang rendah atau tinggi (Chueni & Eves, 2016). Untuk mendapatkan *Scale Efficiency* dilakukan dengan membagi $TE_{CRS\ Dual}$ dengan TE_{VRS} . Untuk mendapatkan nilai $TE_{CRS\ Dual}$ dan nilai TE_{VRS} menggunakan ketentuan $1/z$, dimana 1 merupakan nilai optimum efisiensi dibagi dengan z adalah efisiensi pada masing-masing TE. Seperti pada tabel 4.23, pada DMU

1, didapatkan hasil $TE_{CRS\ Dual}$ sebesar 1.257491 dan TE_{VRS} sebesar 1.128387. Untuk mendapatkan nilai SE DMU 1 dengan cara membagi $TE_{CRS\ Dual}$ (1.257491) dengan TE_{VRS} (1.128387), didapatkan hasil nilai SE sebesar 1.114414. Dengan demikian nilai $TE_{VRS} > SE$ maka dapat diketahui bahwa efisiensi dipengaruhi oleh efisiensi teknis murni (TE_{VRS}). Perlu dilakukan melihat pengaruh pada efisiensi karena biasanya ketidakjelasan terjadi karena banyak aspek pada kenyataan asli dilapangan (Basman.E.E, et al., 2016)

5.3.7 Perbaikan Target

Pada penelitian ini, dihasilkan DMU1 mengalami inefisiensi atau dalam keadaan tidak efisien, maka pada DMU1 perlu dilakukan perbaikan. Untuk model CRS *dual* perbaikan target dilakukan pada variabel *output* Y_1 (*Order picking cycle time*), pada variabel *input* X_1 (*Receiving*) dan X_3 (*storage*). Pada variabel *output* Y_1 (*Order picking cycle time*) dari nilai 0.5 unit/order mengalami penambahan nilai menjadi 2.05 unit/order. Untuk variabel *input* *Receiving* dari 106.67 unit/jam mengalami penurunan menjadi 84.82358213 unit/jam dan variabel X_3 yaitu *Storage* dari 70% penggunaan mengalami penurunan menjadi 55.66%. Sedangkan pada model VRS perbaikan target hanya terjadi pada satu variabel input saja yaitu variabel X_1 *receiving* dengan nilai dari 106.67 mengalami penurunan menjadi 94.525300. Prosentase perbaikan dapat dilihat pada tabel 4.35 dan 4.36 pada bab sebelumnya. Perbaikan target pada DMU 1 mengacu kepada model perhitungan CRS karena $TE_{VRS} > SE$, sehingga perbaikan target dilakukan dengan menggunakan model CRS karena memiliki nilai efisiensi lebih besar dan dipengaruhi teknis murni.

5.3.8 Analisis Sensitifitas

Hasil perhitungan dengan menggunakan model CRS *dual*, pada DMU 1 terdapat 3 variabel yang tidak pada keadaan optimal, yaitu variabel *ouput*

Y1, variable *input* X1 dan X3. Pada variable Y1 memiliki nilai *dual price* sebesar -1.554468, untuk variable X1 memiliki nilai *dual price* sebesar 0.004917985, sedangkan pada variable X3 memiliki nilai *dual price* sebesar 0.006723908. Artinya setiap kenaikan Y1 sebesar 1.55 akan menaikkan efisiensi DMU 2 sebesar -2.4094254, sehingga efisiensi relatifnya menjadi -1.6141915. Setiap kenaikan X1 sebesar 21.84641 akan meningkatkan tingkat efisiensi DMU 2 sebesar 0.09026742 sehingga peningkatan tingkat efisiensi relatifnya menjadi 0.221857. Sedangkan perhitungan pada model VRS, DMU 1 memiliki satu variabel yang tidak pada kondisi optimal, yaitu pada variabel X1. Variable X1 memiliki nilai *dual price*. Artinya setiap kenaikan Y1 sebesar 12.92084 akan meningkatkan tingkat efisiensi DMU 2 sebesar 0.1129256 sehingga peningkatan efisiensi relatifnya menjadi 0.999146.

5.4 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan diberikan kepada pemangku kebijakan setiap gudang perusahaan yang diteliti, usulan perbaikan bertujuan untuk meningkatkan performa gudang agar gudang menjadi lebih baik. Namun pemberian usulan bukan berarti hanya untuk saat ini saja namun menjadi awal bagi perusahaan untuk perbaikan secara terus menerus. dari hasil perhitungan nilai atau skor performa gudang menggunakan variable kpi dan model dari frazelle (2002) didapatkan gudang dengan nilai tertinggi yaitu gudang Pamela, maka hasil tersebut dapat digunakan sebagai acuan perusahaan lain untuk meningkatkan performa. Bagi perusahaan lain dapat melakukan ebnchmarking aktivitas apa saja yang lemah kemudian meniru atau mengadaptasi dari perusahaan yang lainnya untuk meningkatkan performa. Untuk perudahaan dengan nilai gudang yang tinggi juga tidak harus berbangga diri namun juga harus tetap melakukan pembenahan diri, dikarenakan pasti terdapat aktivitas atau variable yang berjalan masih lemah dan dapat mengadaptasi kiat-kiat dari perusahaan lain yang sudah baik. Pada tabel 4.39

menunjukkan usulan perbaikan berdasarkan dengan observasi dilapangan apasaja kiranya aktivitas yang mungkin bisa diperbaiki, tidak untuk satu perusahaan saja namun untuk seluruh perusahaan secara umum. Usulan perbaikan bersifat meningkatkan kinerja dengan mengurangi waktu, biaya dan resiko dalam kerja. Seeperti pada aktivitas *receiving* dan *put away* untuk seluruh gudang masih perlu dilakukanya pemberdayaan sumber daya yang lebih maksimal lagi dengan mengurangi kegiatan yang tidak perlu dan meningkatkan tingkat ketelitian karena barang masuk perlu di dokumentasikan secara akurat. Usulan perbaikan secara khusus tiap gudang perusahaan dari hasil perhitungan performa Frazelle (2002) ditampilkan pada tabel 4.40 untuk usulan maga swalayan, tabel 4.41 untuk Pamela, tabel 4.42 untuk Omi dan tabel 4.43 untuk Biru swalayan.

Untuk usulan perbaikan peningkatan efisiensi ditujukan khusus pada perusahaan yang memiliki nilai efisiensi dibawah 1 atau dapat dikatakan *inefisein* yaitu pada DMU1. Dikarenakan DMU1 tidak efisien dibandingkan yang lainnya maka perlu dilakukan peningkatan perbaikan dan target, hasil dari *peer group* pada tabel 4.31 hasil *Proximity Matrix* menunjukkan untuk perbaikan DMU1 dapat melakukan *benchmarking* mengacu pada perusahaan yang nilainya paling sedikit dan mendekati yaitu DMU3 atau gudang Omi minimarket. Berdasarkan dari hasil perhitungan DEA juga dapat memberikan usulan berdasarkan perbaikan target pada beberapa variable yang dianggap tidak efisien. Pada tabel 4.44 dapat diketahui usulan perbaikan berdasarkan pada hasil dari perhitungan DEA pada CRS, yaitu diperlukanya perbaikan target untuk meningkatkan efisiensi pada tiga variable yaitu Y1 (*order picking*), X1 (*Receiving*) dan X3 (*utilization*). Untuk variable Y1 (*order picking*) diberikan usulan perbaikan dengan memberikan peningkatan pada pegawai agar kinerja dan efisiensi meningkat dalam melakukan aktivitas *order picking*, mengurangi kegiatan yang bersifat *non value added*, dan memperbaiki system order agar lebih akurat, sedangkan untuk variable *input* X1 (*Receiving*) diberikan usulan peningkatan dilakukan dengan mengurangi beban pekerja pada saat aktivitas *receiving* barang, meningkatkan ketelitian dan mengantisipasi

terjadinya resiko kecelakaan pada pekerja dan untuk variable X3 (*utilization*) diberikan usulan perbaikan dengan mengurangi area penggunaan area untuk penyimpanan agar dapat digunakan untuk keperluan lain, karena masih terdapat *space* yang tidak digunakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Pengolahan dan analisa dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu pengukuran performa dan analisis efisiensi gudang pada empat perusahaan dirangkum dalam bentuk kesimpulan. Kesimpulan juga menunjukkan intisari dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Berikut ini kesimpulan berdasarkan penelitian yang dilakukan :

1. Untuk mendapatkan nilai performa gudang digunakan model frazelle dengan variable KPI berdasarkan lima aktivitas pada gudang yaitu *receiving*, *put away*, *storage*, *order picking* dan *shipping*. Performa untuk gudang maga swalayan memiliki nilai performa gudang 32.54, gudang Pamela memiliki nilai performa gudang 71.31, gudang minimarket omi memiliki nilai performa 32.32, dan biru swalayan memiliki nilai performa gudang sebesar 55.34. Sedangkan hasil dari perhitungan DEA terdapat satu DMU atau gudang yang dalam kondisi tidak efisien yaitu DMU1 atau gudang maga swalayan dengan nilai efisiensi atau fungsi tujuan sebesar 0.8086574. Untuk DMU2 (gudang pamela), DMU3 (gudang Omi) dan DMU4 (gudang biru swalayan) dianggap dalam kondisi efisien dikarenakan memiliki nilai fungsi tujuan atau efisiensi sebesar 1.
2. Untuk meningkatkan performa gudang, berdasarkan dari hasil penelitian memberikan usulan dengan melakukan perbaikan terus menerus pada setiap aktivitas yang berjalan pada gudang. Seperti diperlukanya peningkatan pemberdayaan, penggunaan alat bantu, peningkatan standar kualitas dan ketelitian untuk meningkatkan performa atau kinerja gudang. Gudang juga dapat melakukan benchmarking dengan perusahaan yang lain yang lebih unggul, untuk gudang yang memiliki

nilai tinggi harus tetap melakukan instropeksi dan perbaikan. Untuk gudang atau DMU yang tidak efisien yaitu DMU 1 atau gudang maga swalayan diperlukanya perbaikan target, berdasarkan hasil analisa diberikan usulan yaitu perbaikan target pada variable output Y1 (*order picking*) dari 0.5 unit menjadi 2.05 unit, untuk variable input X1 (*receiving*) dari 106.6 unit menjadi 84.8235 unit dan untuk variable X3 (*utilization*) dari 70% menjadi 55.66%.

6.2 Saran

Pada setiap penelitian terdapat kelemahan dan kekurangan begitupun pada penelitian yang telah dilakukan ini agar dapat dilengkapi pada penlitian yang lainnya atau yang akan datang. Beberapa saran yang diberikan adalah :

1. Memeberikan penerapan perbaikan secara real atau dengan melakukan uji simulasi agar terlihat perubahan perbaikan yang diterapkan.
2. Menggunakan data yang jangka waktunya lebih lama untuk meningkatkan akurasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ackah, M. & Erick, E., 2016. Assessing inventory management on Performance of the Production Sector in Ghana. *Dama International Journal of research*, 1(7), pp. 17-27.
- Ackerman, 2003. Why Audit Warehouses. *Warehousing Forum*, 8(9).
- Airinda.D, 2003. Analisis Kebutuhan Modal Pada Usaha Peternakan Ayam Niaga Pedaging di Kabupaten Banyumas. *Universitas Animal Agriculture Journal*, 4(1), pp. 75-80.
- Aji.G.F & Sri.U, 2013. Analisis Tingkat Efisiensi Bank BUMN Pendekatan Data Envelopment Analysis (DEA). *Jurnal Ilmu & Riset Management*, 2(8).
- Akpam.N.P & Iwok.I.A, 2016. Application of Linear Programming for Optimal Use of Raw Material in Bakery. *International Journal of Mathematics and Statistic Invention.*, 4(8), pp. 51-57.
- Andrianti.I, 2016. *Perancangan Pengukuran Kinerja Pada Perusahaan Dengan Metode Performance Prism (Studi Kasus PT Beasco Jaya Mandiri Balikpapan* , Yogyakarta: Tesis. Universitas Islam Indonesia.
- Anggita.D.A, 2010. *Analisis Evisiensi Teknis BUMD (Badan Usaha Milik Daerah) Dengan Menggunakan Metode DEA (Data Envelopment Analysis)*, Surakarta: Fakultas Ekonomi. Universitas Sebelas Maret.
- Balamurugan.K & DR.P.Pongodi, 2016. A Study on Bnechmarking : impoertance of Benchmarking Process in Service Marketing. *IOSR Journal of Business and Mangement*, pp. 01-03.
- Bartholdi.J.J & Hakman.S.T, 2010. *Warehouse & Distribution Science*, George: Release 0.93, the Supplychain and logistic Institute, School of Industrial and System engineering .
- Basman.E.E, Ihab.A.E & Assem.A.T, 2016. A Stochastic Data Envelopment Analysis Model Considering Variation in Input and Output Variable. *International Journal of Data Envelopment Analysis and Operations Research*, 2(1), pp. 1-6.
- Basman.E.E, Ihab.A.E & Assem.A.T, 2016. A Stochastic Data Envelopment Analysis Model Considering Variation in Input and Output Variable. *International Journal of Data Envelopment Analysis and Operations Research*, 2(1), pp. 1-6.

Chandra.A, 2014. Pengukuran Kinerja gudang Menggunakan Metode Balance Score Card- Studi Kasus PT GMS Jakarta. *Jurnal Matris*, Issue 105, pp. 105-110.

Dar.F.Q, Tirupathi.R.P & Arif.M.T, 2016. Mixed Input and Output Orientations of Data Envelopment Analysis with Linear Fractional Programming and Least Distance Measures. *Statistic, Optimization, And Information Computing International Academic Press*, Volume 4, pp. 326-341.

David.M.E, 1994. *Warehouse Distribution and Operations Handbook*. s.l.:McGraw-Hill Book Company.

Deni.H, 2018. *kumparan.com/tugujogja*. [Online]
Available at: <https://kumparan.com/tugujogja/jumlah-toko-jejaring-modern-di-yogyakarta-melebihi-kuota>
[Accessed 3 6 2018].

Dhara.M, 2011. "Audit Kinerja Gudang Dengan Menggunakan Warehouse Check Updi Pt Yamatex Spinning Mills", Bandung: Skripsi. Universitas widyatama.

Djibril.M, 2013. *www.republika.co.id/berita*. [Online]
Available at: <https://www.republika.co.id/berita/nasional/jawa-tengah-diy-nasional/13/04/09/mkzcmq-jumlah-toko-modern-di-yogyakarta-masih-kurang>
[Accessed 1 7 2018].

Duwimustaroh.S, Retno.A & Endah.R.L, 2016. Analisis Kinerja Rantai Pasok Kacang Mete (*Anacardium occidentale* Linn) Dengan Metode Data Envelopment Analysis di PT Supa Surya Niaga. Gedangan. Sidoarjo. *Industrial: Jurnal Teknologi dan Argoindustri*, 5(3), pp. 169-180.

Frazelle.E, 2002. *World-Class Warehousing And Material Handling*. Singapore: McGraw-Hill.

Glienmourinsie, D., 2017. *ekbis.sindonews.com*. [Online]
Available at: <https://ekbis.sindonews.com/read/1217084/34/pertumbuhan-industri-ritel-kuartal-ii2017-belum-memuaskan-1498810602>
[Accessed 23 12 2017].

Hackman.S.T, et al., 2001. Benchmarking Warehouse and Distribution Operations; An Input-Output Approach.. *Journal of Productivity Analysis*., Volume 16, pp. 79-100.

Hartati, M. & Efendi, D., 2015. *Analisis Pengukuran Kinerja Aliran Supply Chain di PT. Asia Forestama Raya dengan Metode Supply Chain Operation Reference (SCOR)*. Yogyakarta, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.

- Holy.I.Y & Martinus.G, 2005. *Business concept Implementation Series in Inventory management*. Jakarta: Elex Media.
- Komarova.J, 2016. Improvement of Warehousing operation. Case : CKBM Ltd. Russia. *Tesis. School of Technology , Communicaton and Transportation, logistic engineering. JAMK Universisty of Applied Science.Finlandia .*
- Korpela.Jukka, Antti.Lehmusvaara & Jukka.Nesonen, 2007. Warehouse Operator Selection by Combining AHP DEA Methodologies. *International Journal of Production economics*, 108(1-2), pp. 135-142.
- Kulkani. S; Ashok, S, 2010. *Supply Chain Managemet. Edisi 7.*. India: Tata McGrew-Hill.
- Kusrini, E., Fadrizan, N. & Vembri, N. H., 2018. *Determining key performance indicators for warehouse performance measurement - a cse study in construction materials warehouse*. Prancis, The 2nd International Confrence on Engineering and Technology for sustainable development, p. Vol 154.
- Laksono.M.S & Viki.C, 2015. *Pengukuran Effisiensi Jasa Pelayanan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Dengan MetodeData Envelopment Analysis (DEA)*, Surabaya: Jurusan Teknik Industri ITS.
- L, L., Turdean.AM & Emil.c, 2009. *Warehouse Performance Measurement - A Case Study*, s.l.: s.n.
- Makkasau.K, 2012. Penggunaan Metode Analytical Analytic Hierarchy Process (AHP) dalam Penentuan Prioritas Program Kesehatan (Studi Kasus Program Promosi Kesehatan). *Journal TI UNDIP*, 7(2).
- Mandal.S & Seema.S.M, 2016. Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach for Selection of Open Cast Coal Mine Project. *International Journal Of Industrial Engineering Research and Development (IJIERD)*, 7(2).
- Mansyur.Fakhrudin, 2012. *Analisis Perbandingan Efisiensi Bank umum Syariah dan Bank Umum Konvensional di Indonesia Menggunakan Metode Stochastic Frontier Approach (SFA)*, Yogyakarta: Tesis. Universitas Sunan Kalijaga Yogyakarta.
- Mohammadi.A, et al., 2015. Joint Life Cycle Assessment and Data Envelopment Analysis for The Benchmarking of Environmental Impact in Rice Paddy Production. *Journal of Cleaner Production*, Volume 106, pp. 521-532.
- More.S, V., 2016. The Study Of Efficiency and Effectiveness of Warehouse Management in The Context of Supply Chain Management. *International Journal of Engineering Technology. management and Applied science*, 4(8).

- Moses.S.L, 2008. Pengukuran Efisiensi Jasa Pelayanan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEAI. *Dinamika Pembangunan* . Stidu Kasus: SPBU G, SPBU K, SPBU S, SPBU J. *Jurnal Seminar Nasional. Jurusan Teknik Industri. Institut Sepuluh Nopember. Surakarta.*
- Mumu.D.H & Susilowati.I, 2002. Pengukuran Efisiensi Relatif Emiten Perbankan Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA). *Dinamika Pembangunan*, 1(2), pp. 95-110.
- Padlillah.H, Chrisnanto.Y.H & Wahana.A, 2016. *Model Supply Chain Operation Refrence (SCOR) dan Analytic Hierarchy Process (AHP) Untuk Sistem Pengukuran Kinerja Supply Chain Management*, Semarang: Universitas Wahid Hasyim.
- Paradita.D, Sarengat.W & Handayani.M, 2015. Efisiensi Produksi Peternakan Ayam Pedaging Rizki Jaya Abadi Kebumen Ditinjau Dari Efisien Mangement Teknis dan Ekonomis. *Animal Agriculture Journal*, 4(1), pp. 75-80.
- Parkhan.Ali & Z, M., 1999. *Belajar Cepat Liniear Programming dengan QS (Quantitative System)*.. Yogyakarta: Ekonisia.
- Paul.Y & Yuliani.D.L, 2015. Managing Stock in Warehouse: A Case Study of A Retail Industry in Jakarta. *Journal Business and Management*, 4(7), pp. 830-843.
- Piela.J, 2017. *Key Performance Indicator Analysis and Dashboard Visualization in A Logistic Company* , Helsinki: LAPPEENRANTA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY.
- Queirolo, Tonelli, Schenone & Zunion, 2002. *Warehouse Layout Design : Minimizing Travel Time with a genetic and simulative approach O 9 methodology and case Study*, s.l.: Montagem por W.Krug, eds. A. verbreach.Dresden: 4th European Simulation Symposium.
- Richards.G, 2011. *Warehouse Management - A Complate Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in The Modern Warehouse*. London: Kogan Page.
- Ruminta, 2009. *Matriks Persamaan Linier dan Pemrograman Linier*, Bandung: Rekayasa Sains.
- Saati.S, Adel.H.M & Majid.T, 2011. Data Envelopment Analysis: an efficient duo ;inear programming approach. *International Journal Service Science*, 1(1).
- Saaty.T.L, 2003. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin*. Jakarta: PT Pustaka Binama Pressindo.

- Saaty.T.L, 2008. Decison Making With The Analytic Hierarcy Process. *International Journal Service Science*, 1(1).
- Saleheen.F, Mahadi.H.M, Mamun.h & Zurina.H, 2014. Challenges of warehouse Operation : A Case Study in retail Supermarket. *International Journal of Supply Chain Management*, 7(1).
- Satriyanto.E, Fariza.A & Maisaroh, 2011. *Pengembangan dan Analysis Key Performance Indicator (KPI) sebagai Sistem Pendukung dalam Perencanaan Pengembangan Institusi Secara Online* , Surabaya: Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Schreibfeder.J, 2005. *Achieving effective Inventory Management*. s.l.:Alexander Communications Group Incorporate.
- Sekaran.Uma, 2006. *Research Methods for Business: Metodologi Penelitian Untuk Bisnis*. Jakarta: Salemba Empat.
- Speh.Thomas, 2009. Understanding Warehouse Cost and Risk. *Ackerman Warehouse Forum*, 4(7).
- Staudt.F.H, 2015. *Global Warehouse Management: a methodology to determine an integrated performance measurement*, Prancis: Tesis. Universitas Grenoble Aples.
- Suswandi, 2007. *Analisa Efisiensi Perbankan Syariah di Indonesia (Metode Stokastik Frontier Approach/SFA)*, Yogyakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Islam Indonesia.
- Thomas.S.Ferguson, n.d. *Linear Programing: A Concise Introduction*. [Online] Available at: <http://www.math.ucla.edu/~tom/LP.pdf> [Accessed 3 5 2018].
- Triantaphyllou.E & Hann.H.S, 1995. Using The Analytical Hierarcy Process for Decision making in Engineering Applications: Some Challenges. *Intrernational Journal of Industrial Engineering: Application and Practice*, 2(1), pp. 35-44.
- Udeh.D.O & Likay.K, 2015. The Impact of Supply Chain in The Warehouse Management System of Turkish Automotive Industry. *International journal of economics Commerce and Management*, 3(5).
- Wambua, B., okibo, W., Andrew, N. & Sixtus, M., 2015. Effect of Inventory Warehousing System on the Financial Performance of Seventh Day Adventist Institution: A Case of Adventist Book Centers (ABC). *International Journal of Business and Management*, pp. No4, Vol.10..

Warman.J, 2010. "*Manajemen Pergudangan*" Lembaga Pendidikan Pembinaan manajemen, Jakarta: Pt Pustaka Sinar Harapan.

Wessman.I & Maja.B, 2014. *Analysing the Current Stage of A Warehouse - A Frame Work Base on VSM, Activity Profiling, and Benchmarking*, Lund. Swedia: Master Tesis. Departement of Industrial Management and Logistic..

Yamit.Zulian, 1991. *Linear Programming*. Yogyakarta: Bagian Penerbitan FE. Universitas Islam Indonesia.