



TUGAS AKHIR : TI 184833

**PERANCANGAN MODEL PENENTUAN LOKASI
PEMINDAHAN MESIN BLOWING DAN FILLING: STUDI
KASUS PADA PERUSAHAAN AIR MINUM DALAM
KEMASAN (AMDK) DI INDONESIA**

REKHA NUR FADILA

NRP. 02411640000047

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA

NIP. 196901071994121000

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020



TUGAS AKHIR : TI 84833

**PERANCANGAN MODEL PENENTUAN LOKASI
PEMINDAHAN MESIN BLOWING DAN FILLING: STUDI
KASUS PADA PERUSAHAAN AIR MINUM DALAM
KEMASAN (AMDK) DI INDONESIA**

REKHA NUR FADILA

NRP. 0241164000047

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA

NIP. 196901071994121000

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN MODEL PENENTUAN LOKASI
PEMINDAHAN MESIN BLOWING DAN FILLING: STUDI
KASUS PADA PERUSAHAAN AIR MINUM DALAM
KEMASAN (AMDK) DI INDONESIA**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

REKHA NUR FADILA

NRP. 02411640000047

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA

NIP. 19690107 199412 1000

SURABAYA, AGUSTUS 2020



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PERANCANGAN MODEL PENENTUAN LOKASI PEMINDAHAN
MESIN BLOWING DAN FILLING: STUDI KASUS PADA PERUSAHAAN
AIR MINUM DALAM KEMASAN (AMDK) DI INDONESIA**

Nama : Rekha Nur Fadila

NRP : 02411640000047

Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA

ABSTRAK

Permintaan terhadap air minum dalam kemasan (AMDK) saat ini terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Sehingga perusahaan perlu meningkatkan kapasitas produksi, salah satunya dengan menambah fasilitas yang dimiliki. Namun untuk dapat bersaing dengan kompetitor, perusahaan perlu menjalankan proses bisnisnya secara efektif dan efisien. Dalam mencapai tujuan tersebut, perancangan jaringan *supply chain* yang baik perlu dilakukan. Salah satu keputusan strategis dalam merancang jaringan *supply chain* yaitu penentuan lokasi fasilitas. Selain itu, perusahaan juga dapat melakukan relokasi fasilitas jika terdapat perubahan pada faktor yang mempengaruhi efektivitas biaya. PT. X sebagai salah satu perusahaan AMDK berencana untuk memindahkan sepuluh mesin yang berada di Pandaan. Alternatif lokasi pemindahan yaitu Pabrik Kediri dan Pabrik Bojonegoro. Setiap mesin memiliki hasil produk yang berbeda-beda dan terdapat mesin yang memiliki ketergantungan satu sama lain. Sehingga akan dibuat paket-paket pemindahan mesin. Selanjutnya penentuan lokasi masing-masing mesin akan dilakukan dengan menggunakan pendekatan heuristik serta model *integer linear programming*. Tujuan penelitian ini yaitu untuk dapat menghasilkan solusi dengan total biaya yang paling optimum dan memberikan saran kepada perusahaan sehingga dapat mengurangi total biaya yang dibutuhkan selama lima tahun kedepan.

Kata Kunci : *Capacitated Multi-Product Multi Period, Integer Linear Programming*, Lokasi Fasilitas, Metode Heuristik, Relokasi Mesin.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**MODEL DESIGN FOR DETERMINATION OF THE LOCATION OF
BLOWING AND FILLING MACHINES: A CASE STUDY ON BOTTLED
WATER COMPANY IN INDONESIA**

Name : Rekha Nur Fadila

Student No. : 02411640000047

Supervisor : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA

ABSTRACT

The demand for bottled water is currently increasing every year. So that company needs to increase production capacity, one of which is by adding new facilities. However, to be able to compete with competitors, the company needs to carry out their business processes effectively and efficiently. In achieving these goals, a good supply chain network design needs to be done. One of the strategic decisions in designing a supply chain network is determining the location of the facility. In addition, the company can also relocate facilities if there are changes in factors that affect cost effectiveness. PT. X as one of the bottled water company plans to move ten machines located in Pandaan. Alternative relocation locations are Kediri and Bojonegoro. Each machine has a different product result and there are machines that are dependent on one another. So that machine transfer package will be made. Furthermore, the determination of the location of each machine will be carried out using a heuristic approach and integer linear programming model. The purpose of this research is to be able to get a solution with the most optimum total cost and provide advice to the company so that it can reduce the total cost required for the next five years.

Kata Kunci : Capacitated Multi-Product Multi Period, Integer Linear Programming, Facility Location, Heuristic Method, Machine Relocation.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjarkan pada kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, rizki, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat mengerjakan Tugas Akhir ini dengan baik. Laporan Tugas Akhir berjudul “Perancangan Model Penentuan Lokasi Pemindahan Mesin *Blowing* dan *Filling*: Studi Kasus pada Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) di Indonesia” diajukan sebagai syarat menyelesaikan program studi Strata-1 di Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS. Selama pengerjaan Tugas Akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, arahan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang berperan dalam penelitian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng, Ph.D, CSCP, CSCA, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir.
2. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D, Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D, Dody Hartanto, S.T., M.T., dan Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T. yang telah memberikan banyak saran dalam seminar proposal dan sidang Tugas Akhir.
3. Bapak Nurhadi Siswanto, ST, MSIE., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
4. Seluruh Bapak dan Ibu dosen pengajar dan karyawan Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS, atas segala ilmu, bimbingan, dan bantuan selama penulis menuntut ilmu di DTSI ITS.
5. Kedua orang tua, Bapak Junaidi dan Ibu Noor Rahmaniari. Serta kedua kakak, M. Rizaldi Fathoni dan Shela Andini, yang tiada hentinya memberikan doa serta dukungan dalam bentuk moral dan material.
6. Seluruh teman-teman Adhigana TI 32 atas kebersamaan, kebahagiaan, dan seluruh kenangan selama empat tahun ini.
7. Keluarga penulis di Laboratorium Logistics and Supply Chain Management (LSCM), Risang, Kalam, Bintang, Afif, Alfian, Alfian G, Theja, Otul, Wilda, Amel, Deia, Jihan, Quts, Nabil, Malano, Shod, Upoy, Faizal, Intan,

Lia, Nadia, Ayu, Tiara, Jeje, dan Vero yang selalu memberikan dukungan dan tawa.

8. Teman-teman PSDML Barasvaka, Alqar, Otul, Wilda, Hadjoe, Ilham, Asrur, Zaki, Helmy, Atmam, Nisa, dan Indri, atas pengalaman, cerita, dan kebersamaan yang sudah diberikan.
9. Seluruh pihak yang sudah membantu dan memberi dukungan untuk penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan dan kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis mohon kritik dan saran pembaca yang dapat membangun untuk memperbaiki penulisan selanjutnya. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penelitian selanjutnya.

Surabaya, 30 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	6
1.3 Tujuan	6
1.4 Manfaat	7
1.5 Ruang Lingkup	7
1.5.1 Batasan Penelitian	7
1.5.2 Asumsi Penelitan	7
1.6 Sistematika Laporan	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. <i>Supply Chain Management</i>	11
2.2. Karakteristik Produk	12
2.3. Keputusan Taktis pada Strategi <i>Supply Chain</i>	14
2.4. Lokasi Fasilitas	16
2.5. Metode Penentuan Lokasi Fasilitas	18
2.6. Posisi Penelitian	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Studi Lapangan dan Studi Literatur	26
3.2 Pengumpulan Data	27
3.3 Pengolahan Data	27
3.2.1 Penentuan Paket Pemindahan Mesin	27
3.2.2 Membuat Kombinasi Lokasi Paket-Paket Mesin	28

3.2.3 Membandingkan Kapasitas Produksi dengan Permintaan Setiap Tahun	28
3.2.4 Menghitung Kebutuhan Luas Area Penyimpanan	28
3.2.5 Menghitung Total Kebutuhan Area Masing-Masing Paket	29
3.2.6 Menghitung Biaya Tenaga Kerja Masing-Masing Lokasi	29
3.2.7 Menghitung Kebutuhan Kendaraan dan Biaya Distribusi Setiap Paket	30
3.2.8 Penentuan Solusi dengan Metode Heuristik dan Integer Linear Programming	30
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	35
4.1 Pengumpulan Data.....	35
4.1.1 Luas Area Bangunan Masing-Masing Lokasi	35
4.1.2 Daftar dan Rincian Mesin.....	35
4.1.3 Material Masing-Masing Produk	37
4.1.4 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan.....	39
4.1.5 Ramalan Permintaan Tahun 2020-2024	41
4.1.6 Lokasi Permintaan dan Biaya Pengiriman per Kendaraan	43
4.1.7 Kapasitas Angkut Kendaraan	46
4.1.8 Biaya Pengiriman Mesin	47
4.2 Pengolahan Data	48
4.2.1 Paket Pemindahan Mesin	48
4.2.2 Kombinasi Lokasi Paket-Paket Mesin	49
4.2.3 Perbandingan Kapasitas Produksi dengan Permintaan	50
4.2.4 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan.....	62
4.2.5 Total Kebutuhan Area Masing-Masing Paket	64
4.2.6 Biaya Tenaga Kerja.....	64
4.2.7 Kebutuhan Kendaraan dan Total Biaya Distribusi	65
4.2.8 Keputusan Lokasi Mesin	73
BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA	79
5.1 Analisis Kemampuan Pemenuhan Permintaan dan Utilitas Mesin	79
5.2 Analisis Solusi yang Dihasilkan.....	82
5.3 Analisis Sensitivitas terhadap Perubahan Biaya	84
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	86

6.1 Kesimpulan	86
6.2 Saran	87
6.2.1 Saran untuk Perusahaan	87
6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya	87
DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	93
BIOGRAFI PENULIS	105

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Persentase Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Air Minum Utama.	1
Gambar 1. 2 Kebutuhan Mesin untuk Produksi	6
Gambar 2. 1 <i>Strategic Fit</i>	14
Gambar 2. 2 Lokasi Berdasarkan Volume Produk Sebelum dan Sesudah Proses	17
Gambar 2. 3 <i>Clustering-Based Method</i>	21
Gambar 2. 4 <i>GA Alternative</i>	21
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian (Lanjutan).....	26
Gambar 3. 3 Pendekatan Heuristik Penentuan Lokasi Mesin	31
Gambar 4. 1 Alur Produksi Produk	48
Gambar 4. 2 Penyelesaian Masalah Dengan <i>Solver</i>	75
Gambar 4. 3 Validasi Model <i>Integer Linear Programming</i>	75
Gambar 4. 4 Keputusan Lokasi Mesin Menggunakan <i>Solver</i>	76

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Daftar Mesin yang Rencananya akan Dipindah.....	3
Tabel 1. 2 UMK Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro (2015-2020)	4
Tabel 2. 1 Perbedaan Produk Fungsional dan Produk Inovatif.....	13
Tabel 2. 2 Keputusan Taktis Terhadap Strategi <i>Supply Chain</i>	15
Tabel 2. 3 Posisi Penelitian	23
Tabel 4. 1 Luas Area Bangunan Masing-Masing Lokasi	35
Tabel 4. 2 Rincian Mesin	36
Tabel 4. 3 Luas Area Mesin	36
Tabel 4. 4 Material Proses <i>Blowing</i>	37
Tabel 4. 5 Material Proses <i>Filling</i>	37
Tabel 4. 6 Jenis Palet	39
Tabel 4. 7 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan Produk.....	39
Tabel 4. 8 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan Material	40
Tabel 4. 9 Data Ramalan Permintaan Tahun 2020-2024.....	42
Tabel 4. 10 Lokasi Permintaan.....	43
Tabel 4. 11 Persentase Alokasi Permintaan Setiap Depo	44
Tabel 4. 12 Biaya Distribusi dari Masing-Masing Pabrik Tahun 2020	45
Tabel 4. 13 Bobot Produk Jadi	46
Tabel 4. 14 Bobot dan Kuantitas Material	46
Tabel 4. 15 Paket Pemindahan Mesin.....	49
Tabel 4. 16 Kombinasi Lokasi Paket Mesin	49
Tabel 4. 17 Kapasitas Produksi Mesin per Hari dan per Bulan	51
Tabel 4. 18 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2020.....	52
Tabel 4. 19 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2021.....	53
Tabel 4. 20 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2022.....	54
Tabel 4. 21 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2023.....	55
Tabel 4. 22 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2024.....	56
Tabel 4. 23 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2020.....	57
Tabel 4. 24 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2021	58
Tabel 4. 25 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2022.....	59

Tabel 4. 26 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2023	60
Tabel 4. 27 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2024	61
Tabel 4. 28 Permintaan Tertinggi untuk Masing-Masing Paket.....	62
Tabel 4. 29 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan Produk Jadi	63
Tabel 4. 30 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan Material	63
Tabel 4. 31 Total Kebutuhan Luas Area Masing-Masing Paket	64
Tabel 4. 32 Proyeksi UMK Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro (2020-2024)	65
Tabel 4. 33 Biaya Tenaga Kerja Selama Lima Tahun (2020-2024).....	65
Tabel 4. 34 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2020	66
Tabel 4. 35 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2021	66
Tabel 4. 36 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2022.....	67
Tabel 4. 37 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2023	68
Tabel 4. 38 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2024.....	69
Tabel 4. 39 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Material (2020-2024)	70
Tabel 4. 40 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Pandaan	70
Tabel 4. 41 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Kediri	71
Tabel 4. 42 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Bojonegoro.....	72
Tabel 4. 43 Biaya Pengiriman Produk Jadi	73
Tabel 4. 44 Biaya Pengiriman Material	73
Tabel 4. 45 Total Biaya Pengiriman Produk Jadi dan Material	73
Tabel 4. 46 Hasil Metode Heuristik	74
Tabel 4. 47 Perbandingan Total Biaya Kondisi Awal dan Solusi	77
Tabel 5. 1 Persentase Pemenuhan Permintaan Masing-Masing Mesin	79
Tabel 5. 2 Perbandingan Kapasitas Produksi Sebelum dan Setelah Penyesuaian .	80
Tabel 5. 3 Utilitas Masing-Masing Mesin.....	81
Tabel 5. 4 <i>Cost Saving</i> Berdasarkan Variabel Biaya	83
Tabel 5. 5 Total Luas Area yang Dibutuhkan dengan Utilitas Maksimum.....	84
Tabel 5. 6 Perubahan Solusi Terhadap Perubahan Kenaikan Biaya	85

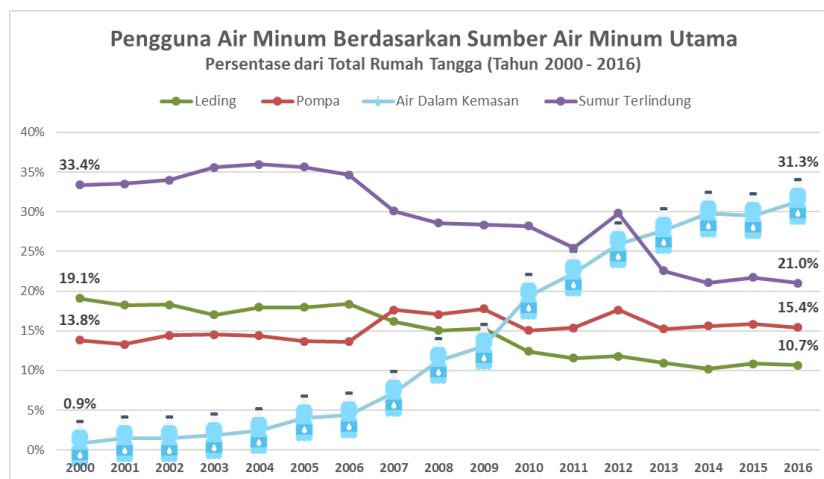
BABI

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini akan membahas mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian, tujuan dan manfaat dari penelitian, ruang lingkup penelitian, serta sistematika laporan dari penelitian tugas akhir ini.

1.1 Latar Belakang

Air minum merupakan salah satu kebutuhan primer bagi manusia. Sehingga dengan meningkatnya populasi manusia dari tahun ke tahun akan menyebabkan terjadinya peningkatan kebutuhan air minum per tahun. Di Indonesia terdapat beberapa sumber air minum yang banyak digunakan oleh masyarakat, yaitu leding, sumur pompa, air dalam kemasan, dan sumur terlindung. Berdasarkan data Survei Sosial Ekonomi Nasional (Susenas) yang dilakukan oleh BPS pada tahun 2000 – 2016 (Badan Pusat Statistik, 2017), dapat diketahui persentase rumah tangga pengguna air minum berdasarkan sumber air minum utamanya. Data tersebut dapat dilihat dari grafik pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Persentase Rumah Tangga Berdasarkan Sumber Air Minum Utama (Badan Pusat Statistik, 2017)

Berdasarkan grafik pada Gambar 1.1, dapat terlihat bahwa selama tahun 2000 hingga 2016 terjadi peningkatan sebesar 30.4% untuk jumlah rumah tangga

yang memilih air minum dalam kemasan (AMDK) sebagai sumber air minum utamanya. Selain itu, Ketua Asosiasi Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (Aspadin) mengatakan bahwa penjualan AMDK sepanjang tahun 2018 tumbuh sekitar 8%-9% dengan volume 30 miliar liter (Rini, 2019). Dengan terus meningkatnya permintaan AMDK tersebut, maka dapat meningkatkan persaingan antar perusahaan AMDK. Pada tahun 2018, Aspadin menyatakan bahwa terdapat dua ribu merek AMDK di Indonesia dengan kurang lebih 900 pelaku industri (Wijaya, 2018).

Dengan jumlah pelaku industri yang tinggi serta merek yang beragam pada produk AMDK, maka merek yang tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan akan dengan mudah tergantikan dengan merek lain. Hal ini menjadi tantangan bagi perusahaan untuk dapat meningkatkan kepuasan pelanggan namun tetap menghasilkan produk dengan biaya yang mampu bersaing dengan produk lain. Dalam menanggapi tantangan tersebut, maka hal pertama yang perlu dilakukan perusahaan yaitu memperluas pangsa pasar mereka untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan meningkatkan volume penjualan. Kedua yaitu perusahaan perlu melakukan proses bisnisnya dengan efektif dan efisien sehingga dapat menghasilkan produk dengan biaya serendah mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, salah satu hal yang perlu dilakukan perusahaan yaitu membangun jaringan *supply chain* yang baik.

Menurut Pujawan dan Mahendrawati (2017), salah satu keputusan strategis dalam membangun jaringan *supply chain* yaitu keputusan mengenai lokasi fasilitas. Sebagai bagian dari perencanaan strategis, keputusan lokasi fasilitas dapat memberikan dampak jangka panjang dalam performansi aktivitas *supply chain* perusahaan. Pemilihan lokasi yang tepat dapat membantu perusahaan untuk lebih responsif dalam memenuhi permintaan pasar serta menghasilkan produk dengan biaya yang rendah. Dalam kasus perusahaan air minum, yang permintaannya terus meningkat setiap tahun, maka perusahaan perlu meningkatkan kapasitas produksi untuk dapat memenuhi permintaan tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kapasitas produksi yaitu dengan menambah fasilitas yang dimiliki.

Dengan bertambahnya fasilitas yang dimiliki, maka perusahaan perlu melakukan alokasi produksi sesuai dengan kemampuan masing-masing fasilitas. Selain itu perusahaan juga perlu menentukan lokasi yang tepat untuk fasilitas tersebut dengan mempertimbangkan lokasi konsumen, lokasi pemasok, serta biaya produksi dan distribusi untuk masing-masing lokasi. Penentuan lokasi tidak hanya berlaku untuk perusahaan yang ingin membuka fasilitas baru, namun juga perusahaan yang ingin melakukan relokasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Tayal (2003), disebutkan bahwa relokasi fasilitas dapat terjadi karena terjadinya perubahan terhadap beberapa faktor yang dapat mempengaruhi efektivitas biaya. Faktor-faktor tersebut antara lain lokasi pemasok dan pasar, volume permintaan, biaya tenaga kerja, dan biaya distribusi.

Penentuan lokasi saat ini juga menjadi masalah yang perlu diselesaikan oleh PT. X. Sebagai salah satu perusahaan AMDK di Indonesia, PT. X hingga saat ini telah memiliki 27 lokasi pabrik AMDK yang tersebar di seluruh Indonesia, dengan pabrik terbesar berada di Pandaan. Pabrik Pandaan saat ini tidak hanya memproduksi produk jadi, tetapi juga material untuk pabrik lainnya, salah satunya yaitu preform botol. Dengan permintaan yang terus meningkat, maka pabrik Pandaan perlu meningkatkan kapasitas produksinya, baik untuk produk jadi maupun material. Namun peningkatan kapasitas produksi dapat meningkatkan kebutuhan lahan untuk penyimpanan, sedangkan luas area yang dimiliki terbatas. Selain itu pada tahun 2020, Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) di Pandaan telah mencapai angka Rp 4,190,133.00. Sehingga perusahaan memutuskan untuk memindahkan beberapa mesin yang masih membutuhkan tenaga kerja yang cukup tinggi. Tabel 1.1 merupakan daftar mesin yang rencananya akan dipindahkan, beserta kebutuhan tenaga kerja dan hasil produksi masing-masing mesin.

Tabel 1. 1 Daftar Mesin yang Rencananya akan Dipindah

No	Mesin	Tenaga Kerja / Shift	Produksi
1	Ms. Cup Robotic 1	6	Cup
2	Ms. Cup Robotic 2	5	Cup
3	Blow BX 2	2	Blow botol A

Tabel 1. 1 Daftar Mesin yang Rencananya akan Dipindah (Lanjutan)

No	Mesin	Tenaga Kerja / Shift	Produksi
4	Blow BX 4	2	Blow botol B
5	Blow BX 5	5	Blow botol C, D
6	Blow BX 6	3	Blow botol E, F, G, H
7	Filling RY 2	10	Filling A, B
8	Filling APM	7	Filling C, D
9	Filling Fillex	7	Filling E, F
10	Filling RY 4	9	Filling F, G, H

Alternatif lokasi pemindahan mesin yaitu pabrik Kediri dan Bojonegoro yang merupakan pabrik yang masih baru dari PT. X. Alternatif tersebut dipilih karena pabrik Kediri dan Bojonegoro masih memiliki lahan kosong yang cukup besar. Selain lahan kosong yang masih luas, UMK Kediri dan Bojonegoro jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan UMK Pandaan. Tabel 1.2 merupakan perbandingan UMK di Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro dari tahun 2015 hingga tahun 2020 berdasarkan Peraturan dan Keputusan Gubernur Jawa Timur tahun 2014-2019.

Tabel 1. 2 UMK Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro (2015-2020)

Tahun	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
2015	Rp 2,700,000	Rp 1,305,250	Rp 1,311,000
2016	Rp 3,037,500	Rp 1,456,000	Rp 1,462,000
2017	Rp 3,288,093	Rp 1,576,120	Rp 1,582,615
2018	Rp 3,574,487	Rp 1,713,400	Rp 1,720,461
2019	Rp 3,861,518	Rp 1,850,986	Rp 1,858,613
2020	Rp 4,190,133	Rp 2,008,504	Rp 2,016,781

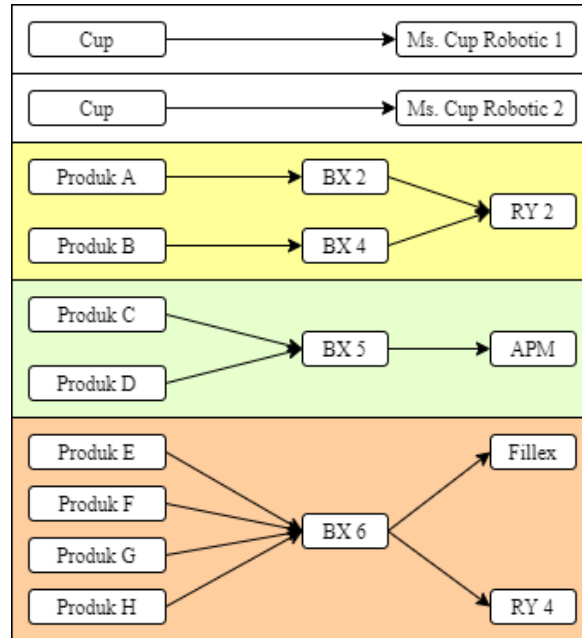
Sumber: Peraturan dan Keputusan Gubernur Jawa Timur (2014-2019)

Rencana awal perusahaan yaitu memindahkan seluruh mesin dari Pandaan ke Kediri, dan jika tidak cukup maka akan dipindahkan ke Bojonegoro. Namun rencana tersebut masih belum memperhitungkan kebutuhan luas untuk area mesin

serta area penyimpanan untuk material dan produk jadi. Sehingga terdapat kemungkinan bahwa pabrik Kediri tidak dapat menampung seluruh mesin tersebut. Namun jika luas pabrik Kediri cukup untuk menerima seluruh mesin, maka perlu mempertimbangan utilitas mesin serta jangka waktu hingga pabrik Kediri mencapai kapasitas maksimumnya. Jika seluruh mesin dipindahkan ke Kediri dan utilitas mesin rendah karena sisa lahan untuk penyimpanan rendah, maka hal tersebut akan merugikan perusahaan. Karena perusahaan perlu melakukan pemindahan mesin ke lokasi lain untuk mengurangi lahan yang digunakan di Kediri. Dan jika jangka waktu untuk mencapai kapasitas maksimum pabrik Kediri terlalu singkat, maka perusahaan juga perlu melakukan relokasi kembali untuk mesin-mesin tersebut.

Berdasarkan permasalahan dan pertimbangan-pertimbangan yang dimiliki oleh PT. X, maka perlu dilakukan penelitian dalam menentukan mesin yang sebaiknya dipindahkan, serta lokasi pemindahan dari mesin-mesin tersebut. Pada Tabel 1.1 yang berisi daftar mesin yang akan dipindahkan, dapat dilihat bahwa terdapat mesin-mesin yang saling berkaitan karena dibutuhkan pada produk yang sama. Sebagai contoh yaitu, ketika mesin blow BX 2 yang memproduksi botol A dipindahkan, maka mesin blow BX4 yang memproduksi botol B dan mesin filling RY 2 yang melakukan *filling* untuk produk A dan B juga perlu dipindahkan. Sehingga pemindahan mesin perlu dibuat menjadi paket-paket berdasarkan keterkaitan antar mesin. Khusus untuk mesin cup robotic tidak perlu dibuat paket karena tidak memiliki keterkaitan dengan mesin lainnya. Gambar 1.2 menunjukkan mesin yang dibutuhkan dalam proses produksi masing-masing produk. Sehingga berdasarkan proses produksi masing-masing produk tersebut dapat diketahui keterkaitan antar masing-masing mesin.

Selain memperhatikan upah tenaga kerja dan sisa luas bangunan di pabrik Kediri dan Bojonegoro. Perlu diperhatikan juga terkait biaya distribusi yang dibutuhkan pada masing-masing lokasi. Penentuan lokasi produksi akan berdampak secara langsung terhadap biaya distribusi. Sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk membandingkan biaya distribusi untuk produk yang dihasilkan oleh masing-masing paket, ketika produksi dilakukan di Pandaan dengan produksi di Kediri dan/atau di Bojonegoro. Jika mesin dipindahkan ke Kediri dan Bojonegoro, maka perlu ditambahkan biaya distribusi untuk material dari Pandaan.



Gambar 1. 2 Kebutuhan Mesin untuk Produksi

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan perhitungan serta analisis untuk mendapatkan keputusan lokasi masing-masing mesin dengan mempertimbangkan biaya tenaga kerja, biaya distribusi, serta luas lahan. Sehingga keputusan lokasi yang dihasilkan dapat memberikan total biaya paling optimal. Keputusan yang dihasilkan dapat berupa tidak dilakukan pemindahan, pemindahan seluruh mesin ke salah satu lokasi, maupun pemindahan mesin pada beberapa lokasi berdasarkan paket-paket pemindahan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perlu dilakukan studi untuk menyelesaikan permasalahan terkait relokasi mesin. Studi yang dilakukan yaitu, bagaimana penentuan lokasi untuk masing-masing mesin dan pengaruh keputusan terhadap biaya selama lima tahun kedepan, yaitu tahun 2020 hingga 2024.

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Menentukan mesin-mesin yang perlu dipindahkan dari pabrik Pandaan serta lokasi pemindahannya.

2. Mengetahui perbedaan total biaya yang dibutuhkan untuk produksi dan distribusi selama lima tahun antara solusi yang ditawarkan dengan kondisi awal.
3. Mengetahui kemampuan perusahaan dalam menjawab permintaan selama lima tahun kedepan.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari dilakukannya penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Memberikan masukan kepada perusahaan terkait keputusan lokasi pemindahan mesin yang memiliki total biaya minimum.
2. Mengurangi biaya produksi dan distribusi yang dibutuhkan oleh perusahaan dalam lima tahun kedepan.
3. Memberikan saran kepada perusahaan berdasarkan kemampuan perusahaan dalam menjawab permintaan selama lima tahun kedepan.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian terdiri atas batasan dan asumsi yang digunakan dalam melakukan penelitian.

1.5.1 Batasan Penelitian

Batasan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Mesin yang dipertimbangkan dalam perhitungan hanya sepuluh mesin yang telah direncanakan untuk dipindahkan.
2. Pabrik yang diamati hanya pada tiga lokasi, yaitu Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro.
3. Biaya kirim material dari vendor ke pabrik Pandaan diabaikan.

1.5.2 Asumsi Penelitian

Asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Tidak ada konsumen baru pada lokasi berbeda untuk produk-produk yang diproduksi.
2. Seluruh produk yang diproduksi dalam kondisi baik.

3. Tidak terjadi perubahan harga bahan bakar untuk kendaraan distribusi.
4. Persentase kenaikan UMK dan biaya distribusi mengikuti kondisi ekonomi pada keadaan normal.

1.6 Sistematika Laporan

Pada sistematika laporan akan dijelaskan mengenai kerangka penulisan laporan pada penelitian tugas akhir ini. Berikut merupakan tahapan-tahapan penulisan laporan tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi latar belakang dari permasalahan yang menjadi topik pada penelitian tugas akhir ini, perumusan dari masalah yang harus diselesaikan, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang berisi batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab II berisi pemaparan teori yang digunakan sebagai landasan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini. Dasar teori diperoleh berdasarkan studi literatur seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Tinjauan pustaka tersebut nantinya akan digunakan dalam menyusun kerangka konseptual dalam mengembangkan, mengolah, maupun melakukan analisis data. Pada penelitian tugas akhir ini, tinjauan pustaka yang akan dipaparkan yaitu *supply chain management*, karakteristik produk, keputusan taktis pada strategi *supply chain*, lokasi fasilitas, metode penentuan lokasi fasilitas, dan posisi penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III berisi tentang metodologi penelitian atau langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian. Metodologi penelitian ini akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat berjalan secara sistematis dan mencapai tujuan dari penelitian ini. Adapun tahapan dalam pengerjaan penelitian ini yaitu melakukan identifikasi masalah, tinjauan pustaka, pengumpulan data,

pengolahan data, analisis dan interpretasi hasil pengolahan data, serta memberikan kesimpulan dan saran terkait penelitian yang dilakukan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab IV berisi data-data yang telah dikumpulkan, baik data primer maupun data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Data-data yang diperoleh tersebut nantinya akan melalui tahap pengolahan data. Pada tahap pengolahan data akan dilakukan perhitungan terkait penentuan paket pemindahan, kebutuhan lahan, dan biaya yang dibutuhkan terhadap keputusan yang terpilih.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Bab V berisi mengenai uraian analisis dan interpretasi berdasarkan hasil yang diperoleh dari pengolahan data pada bab sebelumnya. Analisis tersebut akan memberikan saran terkait keputusan pemindahan mesin berdasarkan biaya yang paling rendah. Selain itu juga akan dilakukan perbandingan terhadap total biaya yang dibutuhkan antara hasil penelitian dengan kondisi awal.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab VI berisi kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran dibuat berdasarkan hasil pengolahan data serta analisis yang telah dilakukan. Saran atau rekomendasi perbaikan dibagi menjadi dua. Pertama merupakan saran atau rekomendasi yang diberikan kepada perusahaan. Kedua merupakan saran untuk pengembangan terhadap penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II ini akan dijelaskan mengenai landasan teori yang digunakan dalam penelitian. Landasan teori yang akan dijelaskan meliputi, *supply chain management*, karakteristik produk, strategi *supply chain*, lokasi fasilitas, metode penentuan lokasi fasilitas, dan posisi penelitian.

2.1. *Supply Chain Management*

Supply chain management (SCM) atau manajemen rantai pasok merupakan metode, alat, atau pendekatan pengelolaan jaringan perusahaan-perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk ke tangan pengguna akhir dengan dasar semangat kolaborasi (Pujawan & Er, 2017). Maka jika *supply chain* adalah jaringannya, SCM merupakan metode yang digunakan untuk mengelola jaringan tersebut. SCM yang baik dapat dibangun dengan terjalin kerjasama yang baik antar elemen yang terdapat pada jaringan tersebut, mulai dari pemasok, perusahaan, hingga pengecer. Dengan adanya hubungan antar elemen tersebut, maka performansi yang buruk pada salah satu elemen akan berdampak pada elemen lainnya. Sebagai contoh, jika performansi pemasok dalam menjawab permintaan rendah dan sering mengalami keterlambatan dalam memenuhi permintaan perusahaan, maka perusahaan juga akan mengalami keterlambatan dalam memenuhi permintaan pengecer maupun pelanggan. Sehingga, dengan terbentuknya SCM yang baik dapat mendukung perusahaan dalam mencapai tujuan dari *supply chain*, yaitu menghantarkan produk atau jasa yang tepat pada lokasi, waktu, dan kondisi yang tepat kepada konsumen dengan biaya yang efektif.

Dalam bukunya, Chopra (2016) menyebutkan bahwa terdapat beberapa fase keputusan yang perlu dilalui untuk dapat merancang suatu SCM yang baik. Fase keputusan tersebut yaitu keputusan strategis, keputusan taktis, dan keputusan operasional. Pada fase keputusan strategis, perusahaan membangun struktur *supply chain* yang akan digunakan dalam beberapa tahun kedepan. Contoh dari keputusan strategis yaitu, keputusan terkait lokasi dan kapasitas produksi, fasilitas gudang,

make or buy, moda transportasi, dan tipe sistem informasi. Fase selanjutnya yaitu keputusan taktis yang memiliki jangka waktu tiga bulan hingga satu tahun. Contoh dari keputusan taktis yaitu alokasi konsumen untuk masing-masing lokasi produksi, subkontrak, *inventory policy*, strategi pemasaran dan promosi. Terakhir merupakan fase keputusan operasional, yang memiliki jangka waktu mingguan atau harian. Pada fase ini perusahaan menentukan keputusan terkait jadwal produksi, alokasi pesanan berdasarkan moda transportasi, dan jadwal pengiriman. Keputusan yang diambil pada masing-masing fase akan memberikan dampak terhadap keseluruhan profitabilitas dan kesuksesan perusahaan.

2.2. Karakteristik Produk

Menurut Ballou (2004), produk dapat dibagi menjadi dua, yaitu produk konsumen dan produk industri. Produk konsumen merupakan produk yang diproduksi untuk konsumen akhir. Sedangkan produk industri merupakan produk yang akan digunakan oleh individual, organisasi, ataupun perusahaan lain sebagai material dan akan diproses lebih lanjut menjadi produk ataupun jasa lainnya. Sebagai contoh, perusahaan A merupakan perusahaan yang memproduksi *preform* botol plastik. Kemudian perusahaan A menjual *preform* tersebut pada perusahaan B yang memproduksi air minum dalam kemasan (AMDK). Maka *preform* yang diproduksi oleh perusahaan A produk industri karena *preform* tersebut digunakan oleh perusahaan B untuk memproduksi produk AMDK. Sedangkan AMDK yang diproduksi oleh perusahaan B merupakan produk konsumen, karena produk tersebut diproduksi untuk konsumen akhir.

Produk konsumen sendiri dapat dibagi menjadi dua karakteristik, yaitu produk fungsional (*predictable demand*) dan produk inovatif (*unpredictable demand*) (Fisher, 1997). Produk fungsional merupakan produk yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia dan tidak mengalami perubahan besar seiring berjalannya waktu. Produk ini cenderung memiliki siklus hidup yang panjang, variasi produk yang sedikit, serta permintaannya mudah diprediksi. Namun dengan karakteristik produk tersebut menyebabkan kompetisi yang tinggi antar perusahaan yang memproduksi produk sejenis, maka perusahaan perlu menghasilkan produk dengan harga jual yang rendah untuk dapat bersaing dengan

perusahaan lain. Selain itu, stok untuk produk fungsional harus selalu terjaga karena sangat mudah untuk tergantikan. Salah satu contoh dari produk fungsional yaitu produk AMDK, yang merupakan kebutuhan dasar manusia. Ketika seseorang merasa haus dan ingin membeli produk air minum merek A, namun ternyata stoknya kosong, maka konsumen dapat dengan mudah menggantikan produk tersebut dengan produk air minum merek B yang stoknya masih tersedia.

Produk inovatif bertolak belakang dengan produk fungsional. Produk tipe ini selalu mengalami perkembangan seiring berjalannya waktu, untuk dapat menyesuaikan dengan selera pasar yang berubah-ubah. Produk inovatif memiliki siklus hidup yang pendek, variasi produk yang banyak, dan permintaan sulit untuk diprediksi. Namun margin laba produk tipe ini akan tinggi. Salah satu contoh dari produk inovatif yaitu *handphone*. Seseorang yang akan membeli *handphone* biasanya telah memiliki preferensi kualitas yang diharapkan dari produk tersebut, baik kamera, performansi, desain, serta kesesuaian harga yang ditawarkan. Tabel 2.1 menjelaskan perbedaan antara produk fungsional dan produk inovatif.

Tabel 2. 1 Perbedaan Produk Fungsional dan Produk Inovatif

Aspek	Fungsional	Inovatif
Siklus hidup	Panjang (> 2 tahun)	Pendek (3 bulan – 1 tahun)
Variasi per kategori	Sedikit	Banyak
Volume per SKU	Tinggi	Rendah
Peramalan permintaan	Relatif mudah, akurasi tinggi	Sangat sulit, kesalahan ramalan tinggi
Tingkat kekurangan produk	Hanya 1% - 2%	Bisa sampai 10% - 40%
Kelebihan persediaan di akhir musim jual	Jarang	Sering Terjadi
Biaya penurunan harga jual	Mendekati 0%	10% - 25%
Margin keuntungan per unit yang terjual dengan harga normal	Rendah	Tinggi

Sumber: (Pujawan & Er, 2017)

2.3. Keputusan Taktis pada Strategi Supply Chain

Strategi *supply chain* yang digunakan akan berpengaruh terhadap keberlangsungan proses bisnis perusahaan. Pengertian dari strategi *supply chain* yaitu kumpulan kegiatan dan aksi strategis di sepanjang *supply chain* yang menciptakan rekonsiliasi antara apa yang dibutuhkan pelanggan akhir dengan kemampuan sumber daya yang ada pada *supply chain* tersebut (Pujawan & Er, 2017). Berdasarkan definisi tersebut, dapat dikatakan bahwa dalam menentukan strategi *supply chain* tidak hanya melihat kondisi perusahaan, namun juga harapan pelanggan terhadap produk tersebut. Sehingga perusahaan perlu mempertimbangkan karakteristik dari produk serta segmen pasar yang dituju untuk dapat memilih strategi yang sesuai dengan kondisi tersebut.

Berdasarkan perbedaan karakteristik antara produk fungsional dan produk inovatif yang telah dijelaskan sebelumnya, maka perusahaan perlu melakukan penyesuaian dengan strategi *supply chain* yang akan digunakan. Kesesuaian antara karakteristik produk/pasar dengan strategi *supply chain* dapat disebut *strategic fit* (Pujawan & Er, 2017). Dengan melihat karakteristik produk fungsional, maka strategi *supply chain* yang dipilih berfokus untuk meminimalisir biaya yang diperlukan sepanjang jaringan *supply chain*. Sehingga perusahaan dapat menghasilkan produk dengan harga yang kompetitif dan dapat bersaing dengan perusahaan lain. Sedangkan strategi *supply chain* untuk produk inovatif akan berfokus untuk lebih responsif menjawab permintaan pasar, sehingga strategi efisien tidak cocok digunakan. Area dari *strategic fit* pada Gambar 2.1 ditunjukkan dengan area berwarna hijau.



Gambar 2. 1 *Strategic Fit*

Menurut Pujawan (2017) terdapat beberapa kebijakan atau keputusan taktis yang dapat mendukung strategi *supply chain*. Keputusan tersebut terkait dengan lokasi fasilitas, sistem produksi, persediaan, transportasi, pasokan, dan pengembangan produk. Strategi *supply chain* yang dipilih nantinya akan berpengaruh terhadap kebijakan yang akan digunakan oleh perusahaan. Jika perusahaan memilih untuk lebih responsif, maka prioritas utama perusahaan yaitu dapat menghantarkan produk dengan cepat kepada pelanggan dan biaya bukan merupakan prioritas utama. Sedangkan perusahaan yang memilih untuk efisien akan memprioritaskan untuk menekan biaya yang dibutuhkan. Tabel 2.2 menjelaskan keputusan taktis yang sesuai untuk masing-masing strategi *supply chain* efisien dan responsif.

Tabel 2. 2 Keputusan Taktis Terhadap Strategi *Supply Chain*

Keputusan Taktis	Efisien	Responsif
Lokasi fasilitas	Tempatkan pabrik di lokasi yang ongkos tenaga kerjanya murah	Cari lokasi yang dekat pasar, punya akses tenaga terampil, dan teknologi memadai
Sistem produksi	Tingkat utilitas sistem produksi harus tinggi	Sistem produksi harus fleksibel dan ada kapasitas ekstra
Persediaan	Perlu upaya meminimasi tingkat persediaan	Diperlukan persediaan pengaman yang cukup di lokasi yang tepat
Transportasi	Pengiriman TL/CL atau subkontrakkan ke pihak ketiga	Diperlukan transportasi cepat. Bila perlu tetapkan kebijakan LTL/LCL
Pasokan	Pilih <i>supplier</i> dengan harga dan kualitas sebagai kriteria utama	Pilih <i>supplier</i> berdasarkan kecepatan, fleksibilitas, dan kualitas
Pengembangan produk	Fokus ke minimalisasi ongkos	Gunakan <i>modular design</i> dan <i>postponement</i>

Berdasarkan penjelasan-penjelasan sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa sangat penting bagi sebuah perusahaan untuk dapat mengidentifikasi karakteristik produknya terlebih dahulu sebelum menentukan keputusan taktis.

Dengan mengetahui karakteristik produknya, maka perusahaan dapat menentukan strategi yang sesuai dengan karakteristik tersebut, serta mengambil kebijakan yang tepat dalam merancang proses bisnis perusahaan.

2.4. Lokasi Fasilitas







Keputusan perusahaan terhadap lokasi fasilitas akan berdampak kepada struktur jaringan *supply chain*, biaya transportasi dan penyimpanan, serta *customer service*. Perusahaan dapat memilih untuk melakukan sentralisasi fasilitas dalam mencapai skala ekonomi, atau melakukan desentralisasi sehingga lebih dekat dengan pelanggan dan dapat lebih responsif. Pertimbangan lain yaitu terkait karakteristik area dari lokasi fasilitas, seperti biaya pekerja, biaya fasilitas, kualitas pekerja, dan biaya distribusi. Kesalahan dalam penentuan lokasi dapat merugikan perusahaan, dan memindahkan kembali fasilitas akan sulit untuk dilakukan. Lokasi yang tepat tidak menjamin keberhasilan, namun lokasi yang salah pasti menyebabkan kegagalan, sehingga diperlukan pertimbangan yang matang dalam menentukan lokasi fasilitas.

Beberapa ahli telah menyebutkan beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan dalam penentuan lokasi fasilitas. Pada tahun 2003, Donald Waters (Waters, 2003) mengemukakan beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi fasilitas, yaitu biaya operasional, upah pekerja, nilai tukar mata uang (jika membandingkan antar negara), jumlah pesaing, jarak dari lokasi saat ini, biaya pembangunan, populasi, dan kemampuan *supplier*. Kemudian pada bukunya, Ballou (2004) juga menyebutkan beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan dalam penentuan lokasi. Beberapa pertimbangan tersebut yaitu mengenai lokasi konsumen, lokasi pemasok, budaya, peraturan pemerintah, biaya langsung dan tidak langsung, perilaku sosial, dan organisasi. Menurut Chopra dan Meindl (2016), terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam penentuan lokasi fasilitas, yaitu:

- a. Lokasi pemasok dan pasar
- b. Lokasi situs fasilitas potensial
- c. Ramalan permintaan pasar
- d. Biaya fasilitas, tenaga kerja, dan material

- e. Biaya transportasi
- f. Biaya penyimpanan
- g. Harga jual produk
- h. Pajak dan tarif
- i. Waktu respons yang diinginkan dan faktor layanan lainnya.

Berdasarkan pendapat beberapa ahli tersebut, dapat dikatakan bahwa fokus utama dalam menentukan lokasi fasilitas untuk setiap masalah dapat berbeda-beda, bergantung pada kondisi dan kemampuan perusahaan serta tujuan yang dicapai. Kondisi dan kemampuan perusahaan contohnya seperti jumlah fasilitas yang mampu dibuat oleh perusahaan dan apakah perusahaan sudah memiliki alternatif lokasi untuk fasilitasnya. Kemudian untuk tujuan yang akan dicapai berkaitan dengan karakteristik produk dan strategi perusahaan. Ketika perusahaan ingin lebih responsif terhadap permintaan, maka sebaiknya fasilitas berada dekat dengan konsumen. Namun perlu diperhatikan juga volume atau berat dari produk sebelum dan sesudah proses produksi untuk memudahkan proses distribusi, apakah proses produksi bersifat *weight gaining* atau *weight losing*. Ketika proses produksi bersifat *weight gaining*, maka lokasi fasilitas sebaiknya dekat dengan pasar. Sebaliknya, jika proses produksi bersifat *weight losing*, maka sebaiknya ditempatkan dekat dengan sumber material. Lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Tipe Proses Produksi	Berat / Volume		Lokasi Fasilitas	
	Sebelum Proses	Setelah Proses	Material	Konsumen
<i>Weight Losing</i>			←	→
<i>Weight Gaining</i>			→	←
<i>Neither Weight Gaining/Losing</i>			←	→

Gambar 2. 2 Lokasi Berdasarkan Volume Produk Sebelum dan Sesudah Proses

Sumber: (Ballou, 2004)

2.5. Metode Penentuan Lokasi Fasilitas

Penentuan lokasi fasilitas dapat dilakukan dengan menggunakan *facility location model*. Pada buku Ballou (2004), *facility location model* dibagi menjadi dua berdasarkan jumlah fasilitas yang ditinjau, yaitu *single* dan *multiple facility location*. Metode yang dapat digunakan dalam *single facility location* yaitu COG (*center of gravity*). Metode ini dilakukan dengan mempertimbangkan volume material dan produk jadi, biaya transportasi per unit per satuan jarak, dan mencari pusat gravitasi berdasarkan pertimbangan-pertimbangan sebelumnya. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam melakukan perhitungan COG:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i V_i R_i X_i}{\sum_i V_i R_i}, \bar{Y} = \frac{\sum_i V_i R_i Y_i}{\sum_i V_i R_i}$$

Notasi:

V_i = volume dari atau menuju titik i

R_i = biaya transportasi untuk memindahkan V_i dari atau menuju titik i

X_i, Y_i = koordinat dari titik i

\bar{X}, \bar{Y} = koordinat untuk lokasi fasilitas

Selanjutnya yaitu permasalahan *multiple location*, yang sering terjadi ketika terdapat dua atau lebih fasilitas yang perlu ditentukan lokasinya, dan telah terdapat minimal satu lokasi yang sudah dimiliki. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk penyelesaian masalah ini, yaitu *multiple center of gravity approach*, *mixed integer linear programming*, dan *heuristic method* (Ballou, 2004). Pendekatan *multiple COG* tidak jauh berbeda dengan COG untuk *single facility*. Pada *multiple COG*, permintaan akan diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah. Kemudian menggunakan M (*big m*) sebagai lokasi fasilitas awal dan tetapkan permintaan yang tersisa pada lokasi ini. Tetapkan ulang semua pusat permintaan untuk COG M berdasarkan jarak terdekat. Proses perhitungan dilakukan berulang hingga tidak ada perubahan lagi pada titik koordinat.

Metode selanjutnya yaitu *mixed integer programming*. Metode ini banyak digunakan dalam penyelesaian masalah *multiple location*. Kelebihan utama pada metode ini yaitu kemampuan untuk menangani biaya tetap secara optimal (Ballou,

2004). Kelebihan lain yaitu dapat memperhitungkan alokasi permintaan dan menyesuaikan dengan kondisi dari perusahaan. Metode ini dapat digunakan untuk mendapatkan keputusan dengan biaya yang paling optimal dan menyesuaikan dengan kondisi sebenarnya dari permasalahan. Metode ini dapat mempertimbangkan biaya dan batasan untuk masing-masing elemen, seperti konsumen, gudang, pabrik, dan biaya distribusi. Karakteristik dari konsumen yang dapat berdampak pada biaya distribusi yaitu lokasi konsumen, volume permintaan, tipe produk yang diinginkan, dan *order size*. Pada gudang dan pabrik yang perlu diperhatikan yaitu *fixed cost*, *operational cost*, dan *variable cost*. Sedangkan pada distribusi, hasil yang diberikan dapat berbeda bergantung pada besarnya biaya pengiriman dari dan menuju masing-masing lokasi, serta jenis dan volumen kendaraan yang digunakan. Metode ini dapat diselesaikan dengan menggunakan *software* optimasi, seperti Lingo, Matlab, dan Excel. Beberapa jenis model *mixed integer programming* yang dijelaskan oleh Klose dan Drexl (Klose & Drexl, 2005) antara lain yaitu, *uncapacitated single-stage capacitated models*, *capacitated single-stage capacitated models*, *multi-stage models*, *multi-product models*, *dynamic models*, dan *probabilistic models*. Berikut ini salah satu model *mixed integer linear programming* yang disusun oleh Muriel dan Simchi Levi (2003).

Variabel Status:

L = jumlah pabrik

J = jumlah lokasi kandidat gudang

I = jumlah lokasi kios

K = jumlah jenis produk

W = jumlah gudang yang akan dibangun

c_{ljk} = biaya pengiriman per unit produk k dari pabrik l ke gudang j

d_{jik} = biaya pengiriman produk k per unit dari gudang j ke kios i

f_j = biaya tetap gudang j

v_{lk} = pasokan produk k dari pabrik l

w_{ik} = permintaan produk k di kios i

s_k = volume per unit produk k

q_j = kapasitas tiap gudang pada lokasi j

Variabel Status:

$$Y_j = \begin{cases} 1, & \text{jika gudang ditempatkan di lokasi } j \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

$$X_{jik} = \begin{cases} 1, & \text{jika kios } i \text{ menerima produk } k \text{ dari gudang } j \\ 0, & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

U_{ljk} = jumlah produk k yang dikirim dari pabrik l ke gudang penyangga j

Fungsi Tujuan: Minimasi biaya transportasi dan biaya tetap.

$$\sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K C_{ljk} U_{ljk} + \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K d_{jik} w_{ik} X_{jik} + \sum_{j=1}^J f_j Y_j$$

Batasan

$$\bullet \sum_{j=1}^J X_{jik} = 1 \quad \forall i \in I, k \in K$$

Memastikan bahwa setiap kios hanya akan diakomodasi oleh satu gudang.

$$\bullet \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K s_k w_{ik} X_{jik} \leq q_j Y_j$$

Memastikan bahwa kebutuhan kios yang akan diakomodasi pada sebuah gudang tidak melebihi kapasitas gudang.

$$\bullet \sum_{i=1}^I w_{ik} X_{jik} = \sum_{l=1}^L U_{ljk} \quad \forall j \in J, k \in K$$

Jumlah barang yang masuk ke dalam gudang sama dengan jumlah barang yang keluar gudang.

$$\bullet \sum_{j=1}^J U_{ljk} \leq v_{lk} \quad \forall l \in L, k \in K$$

Total produk k yang dikirim ke tiap gudang j tidak melebihi kapasitas produksi produk k pada pabrik l .

$$\bullet \sum_{j=1}^J Y_j = W$$

Memastikan bahwa jumlah j yang terpilih sebanyak W .

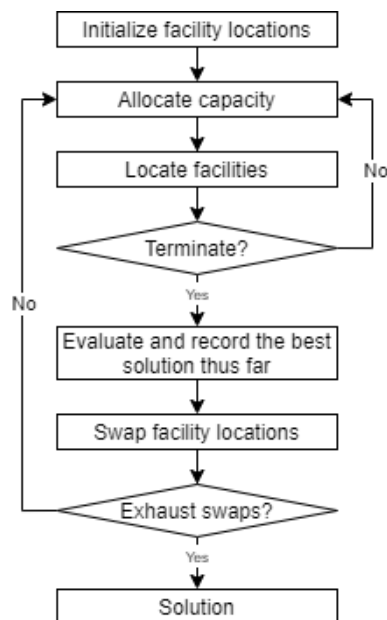
$$\bullet Y_j, X_{jik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K$$

Memastikan bahwa Y_j dan X_{jik} bernilai biner.

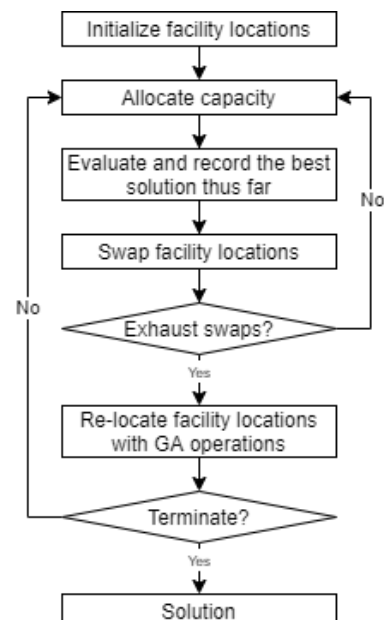
$$\bullet U_{ljk} \geq 0 \quad \forall l \in L, j \in J, k \in K$$

Memastikan bahwa jumlah produk k yang dikirim dari pabrik l ke gudang j adalah bilangan bulat.

Metode terakhir yaitu metode heuristik. Heuristik dapat disebut sebagai prinsip atau konsep yang berkontribusi dalam mengurangi waktu rata-rata yang diperlukan untuk mencari solusi (Ballou, 2004). Ketika dihadapkan dengan masalah penentuan lokasi, metode heuristik memungkinkan solusi yang baik diperoleh dengan cepat dari berbagai alternatif. Meskipun metode ini tidak menjamin bahwa solusi yang diberikan merupakan solusi optimal. Tetapi manfaat yang diberikan seperti *running times*, representasi realitas yang baik, dan kualitas solusi yang memuaskan merupakan alasan untuk mempertimbangkan penggunaan solusi ini dalam penyelesaian masalah lokasi fasilitas. Penerapan metode heuristik untuk penentuan lokasi pernah digunakan dalam penelitian yang dilakukan oleh Liao dan Guo (2008). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan metode dalam menyelesaikan *capacitated facility location problem* (CFLP). Pendekatan yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu *clustering based method* dan *genetic algorithm* yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4.



Gambar 2. 3 *Clustering-Based Method*
 Sumber: (Liao & Guo, 2008)



Gambar 2. 4 *GA Alternative*
 Sumber: (Liao & Guo, 2008)

2.6. Posisi Penelitian

Penelitian tugas akhir ini berfokus pada penentuan lokasi mesin dengan menggunakan pendekatan heuristik dan ILP. Terdapat beberapa penelitian

terdahulu yang telah menganalisis penentuan lokasi baik pengembangan maupun penerapan metode dalam penyelesaian masalah. Pada penelitian yang dilakukan oleh Moreno, Rodriguez, dan Jimenez (1991) dengan judul “*Heuristic Cluster Algorithm for Multiple Facility Location-Allocation Problem*” bertujuan untuk menentukan set lokasi fasilitas yang optimal serta alokasi setiap permintaan untuk masing-masing fasilitasnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *heuristic cluster algorithm*.

Selanjutnya yaitu tesis yang dilakukan oleh Vinayaka Pandit (2004) dengan judul “*Local Search Heuristics for Facility Location Problem*”. Penelitian ini berfokus pada pengembangan model heuristik untuk penyelesaian masalah lokasi fasilitas. Pada penelitian Liao dan Guo (2008), dilakukan pengembangan metode alokasi-lokasi berbasis *clustering* untuk memberikan solusi optimal penentuan lokasi pada CFLP. Di tahun yang sama, Setiyowati (2008) melakukan penelitian dengan judul “Penentuan Lokasi Gudang Penyangga Regional PT. Petrokimia Gresik yang Optimal untuk Pendistribusian Pupuk di Jawa Tengah”, dengan metode yang digunakan yaitu *p-median*.

Penelitian yang dilakukan oleh Rainwater, Geunes, dan Romeijn (2012) berfokus pada pengembangan model *facility neighborhood search heuristic* dalam penentuan lokasi dengan *single source constraint*. Kemudian tugas akhir yang dibuat oleh Hayami (2013), bertujuan untuk menentukan lokasi SPBU baru sesuai dengan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan. Metode pada penelitian yang dilakukan oleh Hayami menggunakan *rating factor* dan *heuristic arduan*. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Sutanto, dkk (2018) merupakan penelitian lanjutan dari metode yang dibuat oleh Liao dan Guo (2008). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sutanto, menghasilkan *k-means clustering algorithm* yang digunakan untuk menangani kasus CFLP dan penentuan alokasi pelanggan. Selanjutnya penelitian ini dibuat dengan memodifikasi GA *alternative* yang dibuat oleh Liao dan Guo untuk menyesuaikan dengan kondisi masalah dan tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini, yaitu *minimum total cost*. Tabel 2.3 merupakan rangkuman dari penelitian-penelitian tersebut.

Tabel 2. 3 Posisi Penelitian

No	Judul	Tahun	Penulis	Jenis	Fokus Penelitian	Metode
1	<i>Heuristic Cluster Algorithm for Multiple Facility Location-Allocation Problem</i>	1991	Jose Moreno, Casiano Rodriguez, Natividad Jimenez	Artikel Jurnal	Menentukan set titik lokasi yang optimal untuk membangun pusat fasilitas dan alokasi setiap titik permintaan untuk setiap fasilitas.	<i>Heuristic Cluster Algorithm</i>
2	<i>Local Search Heuristics for Facility Location Problems</i>	2004	Vinayaka Pandit	Tesis	Pengembangan model heuristik untuk penyelesaian masalah lokasi fasilitas.	<i>Local Search Heuristic</i>
3	<i>A Clustering Based Approach to the Capacitated Facility Location Problem</i>	2008	Ke Liao, Diansheng Guo	Artikel Jurnal	Pengembangan metode alokasi-lokasi berbasis <i>clustering</i> untuk <i>capacitated facility location problem</i> (CFLP), yang memberikan solusi optimal untuk penentuan lokasi	<i>Clustering Based Approach to CFLP</i>
4	Penentuan Lokasi Gudang Penyangga Regional PT. Petrokimia Gresik yang Optimal untuk Pendistribusian Pupuk di Jawa Tengah	2008	Evvy Triana Setiyowati	Prosiding Seminar Nasional	Penentuan jumlah gudang penyangga, lokasi gudang penyangga, dan kapasitas untuk masing-masing gudang penyangga	<i>P-Median (Uncapacitated)</i>
5	<i>A Facility Neighborhood Search Heuristic for Capacitated Facility Location with Single-Source Constraints and Flexible Demand</i>	2012	Chase Rainwater, Joseph Geunes, H. Edwin Romeijn	Artikel Jurnal	Pengembangan model penentuan lokasi dengan <i>single source constraint</i>	<i>Facility Neighborhood Search Heuristic</i>

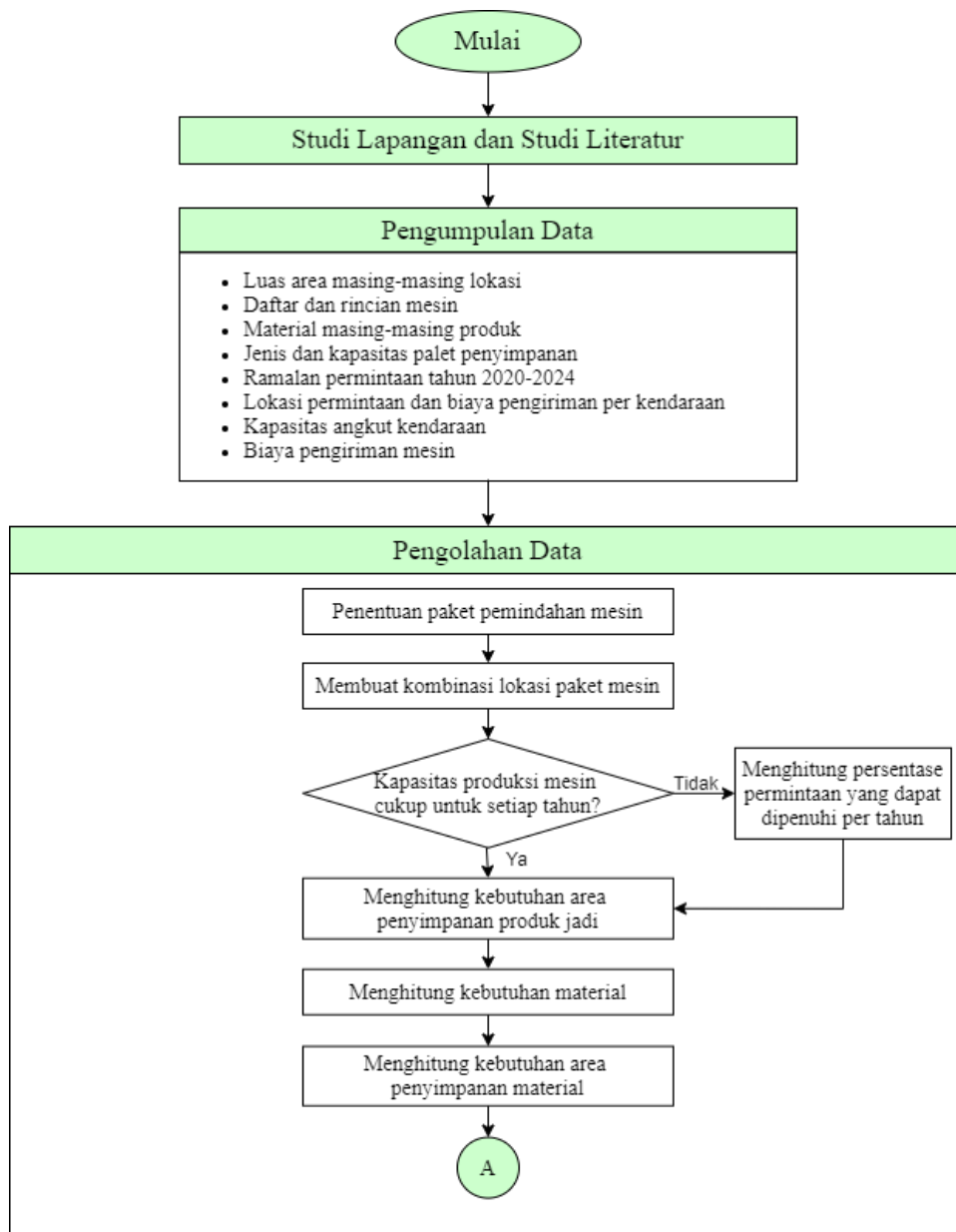
Tabel 2.3 Posisi Penelitian (Lanjutan)

No	Judul	Tahun	Penulis	Jenis	Fokus Penelitian	Metode
6	Penerapan Metode <i>Rating Factor</i> dan <i>Heuristic Ardalan</i> pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi SPBU Baru	2013	Regiolina Hayami	Tugas Akhir	Penentuan lokasi SPBU baru sesuai tuntutan kriteria yang ditetapkan.	<i>Rating Factor</i> dan <i>Heuristic Ardalan</i>
7	<i>A Heuristic Approach to Handle Capacitated Facility Location Problem Evaluated Using Clustering Internal Evaluation</i>	2018	G. R Sutanto, S. Kim, D. Kim, H. Sutanto	Artikel Jurnal	Pengembangan model dalam menangani kasus CFLP untuk menentukan lokasi fasilitas dan menangani alokasi pelanggan.	<i>K-Means Clustering Algorithm</i>
8	Perancangan Model Penentuan Lokasi Pemindahan Mesin Blowing dan Filling: Studi Kasus pada Perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (Amdk) di Indonesia	2020	Penelitian ini	Tugas Akhir	Penentuan lokasi mesin berdasarkan total biaya selama lima tahun yang paling minimum	<i>Minimum Total Cost Approach (Capacitated, Multistage)</i>

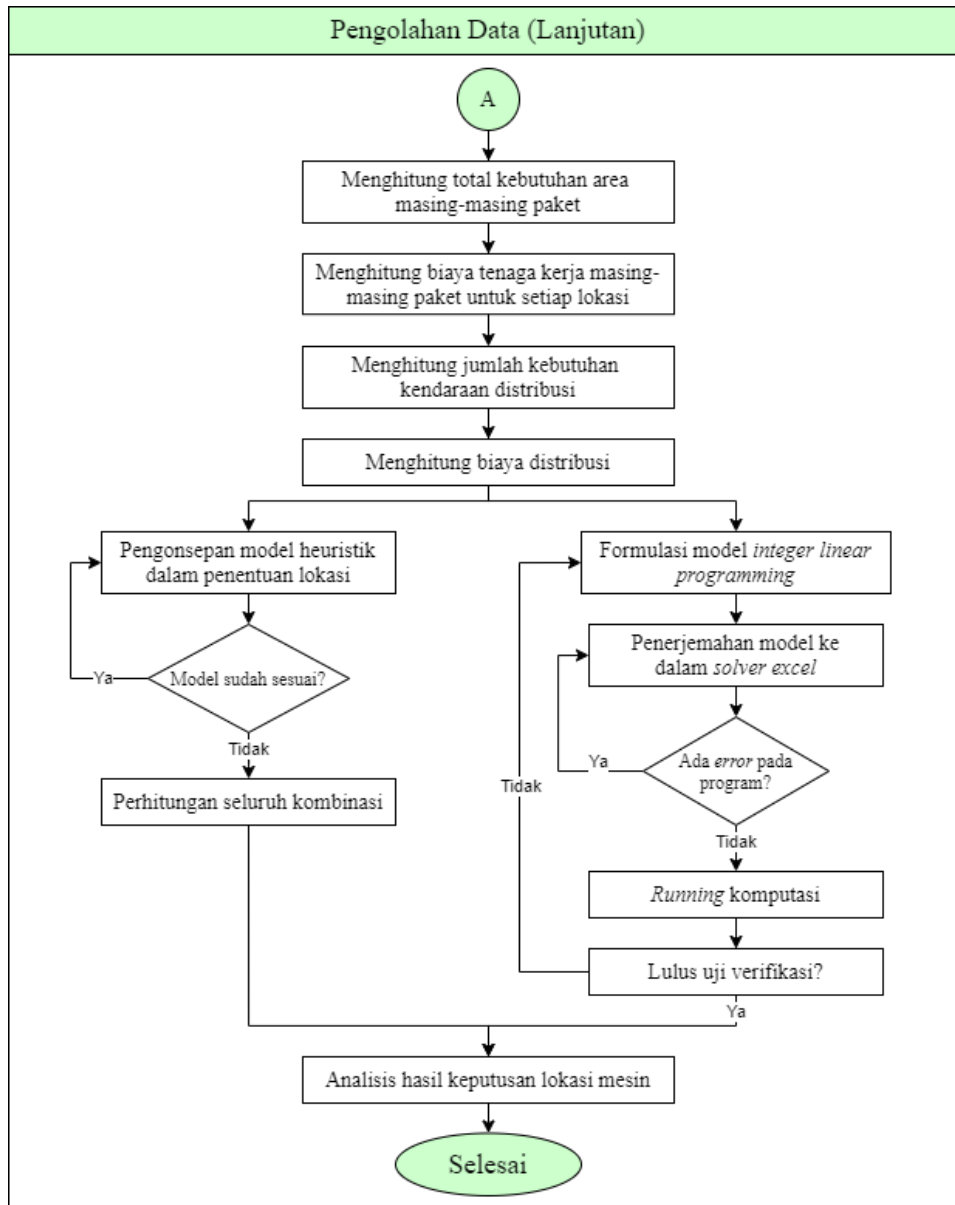
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir. Sehingga dapat mencapai tujuan penelitian dan pengerjaan tugas akhir dapat berjalan dengan sistematis. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu studi lapangan dan studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan interpretasi data, serta kesimpulan dan saran. Gambar 3.1 dan 3.2 merupakan tahapan penyelesaian masalah dalam penelitian ini.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 2 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai tahapan-tahapan dalam pengerjaan penelitian tugas akhir. Dimulai dari pengambilan data, pengolahan data, dan analisis yang bertujuan untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini.

3.1 Studi Lapangan dan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi lapangan untuk memahami proses bisnis perusahaan, serta pemahaman terhadap masalah yang dihadapi oleh perusahaan. Selain itu dilakukan studi literatur yang akan digunakan sebagai dasar dalam

menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Studi literatur yang dilakukan yaitu mengenai *supply chain management*, karakteristik produk, strategi *supply chain* berdasarkan karakteristik produk, lokasi fasilitas, metode dalam menentukan lokasi fasilitas, dan penelitian serupa.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang nantinya akan diolah untuk dapat menyelesaikan permasalahan pada penelitian ini. Adapun data yang dibutuhkan yaitu, luas area bangunan yang masih kosong pada masing-masing lokasi, daftar dan rincian mesin, material masing-masing produk, jenis dan kapasitas palet penyimpanan, ramalan permintaan tahun 2020-2024, lokasi permintaan dan biaya pengiriman per kendaraan, kapasitas angkut kendaraan, dan biaya pengiriman mesin. Data yang akan digunakan merupakan data yang diperoleh dari PT. X, selaku obyek amatan dalam penelitian ini, dan wawancara yang dilakukan dengan pihak terkait.

3.3 Pengolahan Data

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan pengolahan data. Hasil dari pengolahan data ini nantinya akan digunakan untuk melakukan analisis terkait penyelesaian masalah pada penelitian ini.

3.2.1 Penentuan Paket Pemindahan Mesin

Dalam menentukan paket pemindahan mesin, hal yang perlu diperhatikan yaitu alur produksi dari masing-masing produk. Alur produksi akan menentukan keterkaitan antar mesin, sehingga dapat diketahui mesin apa saja yang harus dikirim bersamaan. Sebagai contoh jika produk A diproduksi melalui mesin X dan dilanjutkan ke mesin Y, maka mesin X dan mesin Y memiliki keterkaitan dan harus berada pada lokasi yang sama. Paket-paket mesin yang dibuat akan digunakan dalam melakukan perhitungan selanjutnya dan menentukan kombinasi untuk lokasi mesin.

3.2.2 *Membuat Kombinasi Lokasi Paket-Paket Mesin*

Setelah paket pemindahan mesin telah dibuat, maka dilanjutkan dengan membuat kombinasi lokasi penempatan paket. Kombinasi untuk lokasi paket-paket mesin akan digunakan untuk menentukan iterasi pada metode heuristik yang akan digunakan. Jumlah dari paket mesin akan menentukan jumlah kombinasi lokasi yang dapat dibuat. Kombinasi lokasi mesin akan dibuat dengan membagi paket-paket mesin pada ketiga lokasi, yaitu pabrik Pandaan, pabrik Kediri, dan pabrik Bojonegoro. Total kombinasi yang dihasilkan dihitung berdasarkan rumus kombinasi berikut ini.

$$\sum (C_k^n \times (x - 1)^k)$$

Keterangan:

C = Kombinasi

n = Total paket mesin

k = Jumlah banyaknya paket yang dipilih

x = Jumlah lokasi

3.2.3 *Membandingkan Kapasitas Produksi dengan Permintaan Setiap Tahun*

Pada pengumpulan data telah diperoleh data kapasitas produksi untuk masing-masing mesin serta ramalan permintaan untuk tahun 2020-2024. Berdasarkan data tersebut, selanjutnya dilakukan perbandingan antara kapasitas produksi dengan permintaan setiap tahunnya. Jika kapasitas produksi mesin dapat memenuhi permintaan hingga tahun 2024, maka data permintaan tersebut akan langsung digunakan sebagai dasar dalam menghitung kebutuhan area penyimpanan dan biaya distribusi. Namun, ketika kapasitas produksi mesin tidak mencukupi, maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase permintaan yang dapat dipenuhi pada tahun tersebut serta utilitas masing-masing mesin. Kemudian data permintaan yang telah diperbaharui tersebut akan digunakan dalam menghitung kebutuhan luas area penyimpanan dan biaya distribusi.

3.2.4 *Menghitung Kebutuhan Luas Area Penyimpanan*

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan terhadap luas area penyimpanan yang dibutuhkan berdasarkan kebutuhan produksi yang telah dihitung sebelumnya.

Kemudian, jika jumlah produk yang diproduksi telah diketahui, maka hitung kebutuhan area untuk menyimpan produk jadi. Pada bagian ini, akan dipilih produk dengan dimensi terbesar pada masing-masing paket, sehingga memberikan *allowance* pada luas area yang dibutuhkan untuk penyimpanan. Berdasarkan ketentuan perusahaan, minimum produk jadi yang disimpan merupakan hasil produksi selama tiga hari. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan material. Dengan ketentuan jumlah material yang disimpan harus dapat memenuhi kebutuhan produksi selama empat belas hari kedepan. Dimana kebutuhan produksi akan mengikuti hasil perhitungan sebelumnya. Setelah itu dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan area penyimpanan material dan produk jadi. Kebutuhan luas area akan dihitung dengan mempertimbangkan jenis, ukuran dan kapasitas dari masing-masing palet penyimpanan. Jumlah material dan produk jadi yang harus disimpan akan dibagi dengan kapasitas masing-masing palet sehingga diperoleh jumlah palet yang dibutuhkan. Kemudian akan dihitung luas area yang dibutuhkan dengan mengalikan jumlah palet yang dibutuhkan dengan luas untuk masing-masing jenis palet.

3.2.5 *Menghitung Total Kebutuhan Area Masing-Masing Paket*

Total kebutuhan area untuk masing-masing paket akan menjumlahkan luas area mesin dengan luas area penyimpanan yang dibutuhkan untuk masing-masing paket pemindahan. Luas area mesin yang digunakan sudah mencakup dimensi mesin, dimensi konveyor, serta *allowance* untuk pergerakan manusia disekitar mesin. Sedangkan luas area penyimpanan akan dihitung dengan menggunakan hasil perhitungan kebutuhan luas area penyimpanan produk jadi dan material yang telah dilakukan sebelumnya.

3.2.6 *Menghitung Biaya Tenaga Kerja Masing-Masing Lokasi*

Upah tenaga kerja untuk masing-masing lokasi akan menggunakan UMK di daerah tersebut yang diperoleh dari Keputusan Gubernur Jawa Timur. Kemudian jumlah tenaga kerja akan dihitung berdasarkan kebutuhan tenaga kerja setiap mesin untuk setiap shift, dimana dalam sehari terdapat 3 shift. Nantinya biaya tenaga kerja akan dihitung dengan melakukan perkalian antara UMK pada tahun tersebut dengan

jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mengoperasikan masing-masing mesin. Kenaikan UMK akan dihitung berdasarkan kenaikan inflasi di Indonesia yang didapatkan melalui *website* International Monetary Fund (IMF). Biaya tenaga kerja permesin tersebut kemudian akan dikelompokkan berdasarkan paket-paket mesin yang telah dibuat sebelumnya.

3.2.7 Menghitung Kebutuhan Kendaraan dan Biaya Distribusi Setiap Paket

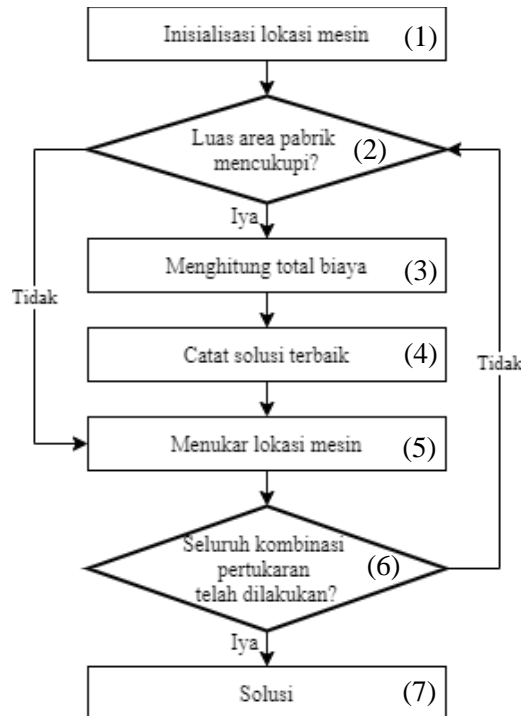
Biaya distribusi untuk masing-masing paket akan dihitung berdasarkan permintaan untuk masing-masing produk serta lokasi dari konsumen. Kendaraan yang digunakan berjenis CDD dan biaya distribusi per pengiriman pada masing-masing lokasi akan didapatkan dengan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan. Biaya distribusi yang diberikan telah memperhitungkan biaya bahan bakar yang dibutuhkan, upah untuk supir, tarif operasional, tarif tol, biaya untuk timbangan, izin masuk kota, tunjangan menginap jika ada, dan biaya lain-lain. Selanjutnya kenaikan biaya pengiriman juga akan mengikuti kenaikan inflasi berdasarkan IMF.

Terdapat total 25 lokasi depo yang digunakan sebagai tujuan distribusi. Kemudian dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan pengiriman pada masing-masing lokasi dengan membandingkan permintaan masing-masing konsumen dengan kapasitas dari kendaraan. Jika mesin dipindahkan ke Kediri dan Bojonegoro, maka perlu ditambah dengan biaya pengiriman material dari pabrik Pandaan ke Kediri dan Bojonegoro. Sedangkan biaya pengiriman dari vendor menuju pabrik Pandaan diabaikan. Total biaya distribusi akan dihitung dengan melakukan perkalian antara kebutuhan pengiriman per tahun, dengan biaya distribusi per pengiriman pada tahun tersebut.

3.2.8 Penentuan Solusi dengan Metode Heuristik dan Integer Linear Programming

Pada tahap ini dilakukan penentuan solusi dengan menggunakan dua metode, yaitu metode heuristik dan *integer linear programming* (ILP). Pendekatan heuristik yang digunakan yaitu model yang disusun oleh oleh Liao dan Guo (2008) dan disesuaikan sesuai dengan kondisi obyek amatan. Langkah awal yang

dilakukan yaitu merancang model heuristik yang akan digunakan. Kemudian dilakukan validasi terhadap model yang digunakan untuk memastikan bahwa model tersebut sudah sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Jika sudah benar, maka dilakukan perhitungan untuk seluruh kombinasi. Gambar 3.3 merupakan pendekatan heuristik yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini.



Gambar 3. 3 Pendekatan Heuristik Penentuan Lokasi Mesin

Tahap awal yang dilakukan pada metode heuristik yaitu menentukan lokasi awal dari mesin-mesin yang akan dipindahkan. Sebelum menghitung biaya yang dibutuhkan, perlu dipastikan apakah luas area pabrik cukup untuk menampung kombinasi lokasi tersebut. Jika tidak cukup, maka lokasi mesin ditukar dengan kombinasi selanjutnya, jika luas area cukup, maka dapat dilanjutkan ke perhitungan biaya. Total biaya yang dihitung merupakan kebutuhan biaya selama lima tahun berdasarkan lokasi mesin. Kemudian akan dilakukan pencatatan terhadap total biaya yang dihasilkan. Langkah selanjutnya yaitu menukar lokasi mesin dan total biaya akan dihitung kembali. Solusi yang dihasilkan akan dibandingkan dengan solusi sebelumnya, dan dipilih solusi dengan total biaya terendah. Tahapan tersebut akan terus diulang hingga seluruh kombinasi lokasi mesin telah dihitung. Sehingga lokasi mesin yang dipilih merupakan solusi terbaik dengan total biaya terendah.

Berdasarkan mengetahui kondisi obyek amatan, maka selanjutnya dilakukan penentuan solusi dengan menggunakan model ILP. Model ILP dibuat berdasarkan model yang telah disusun oleh Muriel dan Simchi-Levi (2003) dan disesuaikan dengan kondisi obyek amatan. Penyesuaian yang dilakukan yaitu pada permasalahan ini biaya yang diperhitungkan adalah biaya pengiriman (produk dan material), biaya tenaga kerja, dan biaya pengiriman mesin untuk masing-masing paket. Kemudian digunakan batasan luas area untuk memastikan bahwa lokasi yang terpilih cukup untuk area mesin dan area penyimpanan.

Langkah pertama yang dilakukan yaitu merancang model matematis yang akan digunakan, dimana batasan yang digunakan yaitu luas area masing-masing pabrik. Selanjutnya dilakukan penerjemahan model matematis pada *solver Excel*. Setelah itu dilakukan validasi model, apakah model mengalami *error* ketika dijalankan atau tidak. Jika iya, maka perlu dilakukan perbaikan pada penerjemahan model ke *solver*. Jika sudah tidak terdapat *error*, maka dilakukan *running* komputasi untuk menentukan solusi terbaik. Kemudian dilakukan uji verifikasi untuk memastikan model yang dibuat sudah sesuai dengan kondisi permasalahan eksisting. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan hasil pada model matematika dengan perhitungan manual. Berikut ini merupakan indeks, parameter, variabel keputusan, fungsi tujuan, serta batasan yang digunakan dalam model tugas akhir ini.

Indeks:

i = paket mesin

j = lokasi pabrik (1: Pandaan, 2: Kediri, 3: Bojonegoro)

n = periode waktu (1 – 5)

Parameter:

Cm_{ij} = biaya pemindahan paket mesin i ke lokasi j

Ce_{ijn} = biaya tenaga kerja paket mesin i di lokasi j pada periode n

Cp_{ijn} = biaya kirim produk dan material paket mesin i dari lokasi j
pada periode n

L_j = luas area fasilitas j

$Lm_i =$ luas area mesin paket i

$Lp_{in} =$ luas area penyimpanan produk dan material paket i
pada periode n

Variabel Keputusan:

Z_{ij} = variabel keputusan lokasi paket. 0 jika tidak, dan 1 jika paket i berada di lokasi j

Fungsi Tujuan:

Minimasi biaya pemindahan mesin, biaya tenaga kerja, dan biaya distribusi.

$$\sum_i \sum_j Cm_{ij} \times Z_{ij} + \sum_i \sum_j \sum_n Ce_{ijn} \times Z_{ij} + \sum_i \sum_j \sum_n Cp_{ijn} \times Z_{ij}$$

Batasan

- $L_j \geq \sum_n \sum_i ((Lm_i + Lp_{in}) \times Z_{ij})$ (3.1)

Memastikan bahwa luas area yang dibutuhkan untuk masing-masing lokasi tidak melebihi kapasitas luas dari masing-masing lokasi.

- $\sum_j Z_{ij} = 1$ (3.2)

Memastikan bahwa setiap paket mesin hanya dialokasikan pada satu lokasi saja.

- $Z_{ij} \in \{0,1\}$ (3.3)

Memastikan bahwa Z_{ij} bernilai biner

Terdapat keterkaitan pada algoritma model heuristik dengan model ILP yang telah dibuat. Pertama yaitu pada heuristik tahap (1) yang merupakan inisialisasi lokasi mesin, dimana pada tahap tersebut dilakukan penentuan lokasi untuk masing-masing paket dan dapat dipastikan bahwa setiap paket mesin hanya dialokasikan pada satu lokasi saja. Tahap tersebut berhubungan dengan batasan pada model ILP (3.2) yang memastikan bahwa tiap paket hanya berada pada satu lokasi saja. Kedua yaitu memastikan luas area masing-masing lokasi cukup juga dilakukan pada heuristik tahap (2) dan batasan model ILP (3.1). Selain itu,

perhitungan total biaya dan pencatatan solusi terbaik pada heuristik tahap (3) dan (4) sesuai dengan fungsi tujuan pada model ILP, dimana solusi yang terpilih merupakan solusi dengan biaya terendah.

Penentuan solusi dengan model ILP dapat menghasilkan solusi paling optimum. Namun pada penelitian ini juga digunakan metode heuristik untuk kepentingan praktis, yaitu mempermudah komunikasi dengan *user* yang merupakan PT. X jika menggunakan algoritma dibandingkan dengan model matematika. Selain itu juga metode heuristik yang berbasis enumerasi (mencoba semua solusi) dapat memberikan alternatif solusi yang mungkin diterapkan oleh perusahaan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai seluruh proses yang dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian. Proses yang dilakukan berupa pengumpulan data-data yang dibutuhkan dan pengolahan data.

4.1 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan yaitu meliputi daftar dan rincian mesin dan kebutuhan luas area untuk masing-masing mesin, luas area bangunan yang masih kosong di masing-masing lokasi, kapasitas produksi masing-masing mesin, kebutuhan tenaga kerja, material masing-masing mesin, jenis dan kapasitas palet penyimpanan, ramalan permintaan tahun 2020-2024, lokasi permintaan dan biaya pengiriman per kendaraan, kapasitas angkut kendaraan, serta biaya pengiriman mesin.

4.1.1 Luas Area Bangunan Masing-Masing Lokasi

Luas area bangunan masing-masing lokasi, yaitu Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro, diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak perusahaan. Pada pabrik Pandaan, luas area yang digunakan bukan merupakan luas keseluruhan pabrik, namun hanya untuk alokasi mesin-mesin ini saja. Kemudian luas area pabrik Kediri dan Bojonegoro merupakan luas bangunan yang masih belum digunakan. Tabel 4.1 merupakan luas area pada masing-masing pabrik.

Tabel 4. 1 Luas Area Bangunan Masing-Masing Lokasi

Lokasi	Luas Area (m ²)
Pandaan	5,862
Kediri	4,779
Bojonegoro	4,104

4.1.2 Daftar dan Rincian Mesin

Berdasarkan rencana pemindahan mesin, terdapat sepuluh mesin yang rencananya ingin dipindahkan dari pabrik Pandaan, yaitu dua mesin *cup*, lima mesin

blowing, dan empat mesin *filling*. Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai daftar mesin beserta rincian dari masing-masing mesin yang terdiri atas produk yang dihasilkan, kapasitas produksi, kebutuhan tenaga kerja untuk masing-masing mesin, serta luas area yang dibutuhkan. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa dalam satu hari terdapat tiga *shift* dan dalam sebulan terdapat dua puluh lima hari kerja. Tabel 4.2 merupakan daftar mesin beserta rincian masing-masing mesin yang telah diperoleh dari PT. X.

Tabel 4. 2 Rincian Mesin

Mesin	Produk	Tenaga Kerja / Shift	Kapasitas Produksi / Shift
Ms. Cup Robotic 1	Cup	7	3,780 box
Ms. Cup Robotic 2	Cup	7	3,780 box
Blow BX 2	Botol A	2	32,000 pcs
Blow BX 4	Botol B	2	32,000 pcs
Filling RY 2	A, B	10	1,200 box
Blow BX 5	Botol C, D	5	32,000 pcs
Filling APM	C, D	7	1,200 box
Blow BX 6	Botol E, F, G, H	3	32,000 pcs
Filling Fillex	E, F	7	1,200 box
Filling RY 4	F, G, H	9	1,200 box

Tabel 4. 3 Luas Area Mesin

Mesin	Area Mesin		
	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
Ms. Cup Robotic 1	7	30	210
Ms. Cup Robotic 2	7	30	210
Blow BX 2	6	6.5	39
Blow BX 4	6	6.5	39
Filling RY 2	6	36	216
Air Conveyor RY 2	6	8.5	51
Blow BX 5	6	6.5	39
Filling APM	6	30	180
Air Conveyor APM	6	8.5	51
Blow BX 6	6	6.5	39

Tabel 4. 3 Luas Area Mesin (Lanjutan)

Mesin	Area Mesin		
	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
Filling Fillex	6	31	186
Filling RY 4	6	36	216
Air Conveyor Fillex	6	8.5	51

4.1.3 Material Masing-Masing Produk

Dalam menghasilkan suatu produk, terdapat dua proses yang perlu dilakukan, yaitu *blowing* dan *filling*. Pada proses *blowing*, dibutuhkan material preform untuk dapat menghasilkan botol kemudian dapat dilanjutkan pada proses *filling*. Jika mesin dipindahkan, maka material produk cup yang disimpan bukan berupa preform, melainkan gelas plastik yang sudah siap diisi. Tabel 4.4 merupakan material yang dibutuhkan pada proses *blowing*. Tabel 4.5 merupakan material yang dibutuhkan pada proses *filling*.

Tabel 4. 4 Material Proses *Blowing*

Produk	Material
A	Preform 11,8
B	Preform 24,8
C	Preform 14,0
D	Preform 14,0
E	Preform 11,8
F	Preform 11,8
G	Preform 11,8
H	Preform 11,8

Tabel 4. 5 Material Proses *Filling*

Produk	Material
Cup	Cup 250 / 3.5 gm
	Straw 40
	Karton 250
	Lid 250 ml 12 l
A	Botol 550 ml
	Tutup botol 29/25
	Label A
	Karton A

Tabel 4. 5 Material Proses *Filling* (Lanjutan)

Produk	Material
B	Botol 550 ml
	Tutup botol 29/25
	Label B
	Karton B
C	Botol 600 ml
	Tutup botol C
	Label C
	Karton C
D	Botol 600 ml
	Tutup botol D
	Label D
	Karton D
E	Botol 330 ml
	Tutup botol 29-25 1,4 grm
	Label E
	Karton E
F	Botol 550 ml
	Tutup botol 29-25 1,4 grm
	Label F
	Karton F
G	Botol 330 ml G
	Tutup botol 29/25 1,3 grm
	Label G
	Karton G
H	Botol 330 ml H
	Tutup botol 29/25 1,3 grm
	Label H
	Karton H

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, dapat diketahui bahwa produk-produk botol memiliki kebutuhan material yang sama, yaitu preform, botol, tutup botol, label, dan karton. Namun yang membedakan yaitu desain dari material-material tersebut. Sedangkan material yang dibutuhkan untuk produk cup yaitu gelas, sedotan, *lid*, dan karton.

4.1.4 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan

Berdasarkan wawancara dengan pihak perusahaan, diketahui bahwa terdapat tiga jenis palet penyimpanan yang digunakan oleh PT. X. Jenis palet yang digunakan yaitu nictainer, palet plastik, dan nestainer. Masing-masing palet memiliki ukuran dan kapasitas tumpuk palet yang berbeda-beda. Tabel 4.6 merupakan rincian dimensi beserta kapasitas tumpuk untuk masing-masing jenis palet.

Tabel 4. 6 Jenis Palet

Jenis Palet	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)	Tumpukan
Nictainer	1.2	1.1	1.32	4
Palet Plastik	1.2	1.2	1.44	1
Nestainer	1.3	1.2	1.56	3

Setelah mengetahui jenis-jenis palet yang digunakan, yang perlu diketahui selanjutnya yaitu jenis palet yang digunakan beserta kapasitas untuk masing-masing produk dan material. Berdasarkan data dari perusahaan, diketahui bahwa masing-masing produk dan material menggunakan palet yang spesifik dan memiliki kapasitas masing-masing. Tabel 4.7-4.8 merupakan jenis dan kapasitas palet yang digunakan pada masing-masing produk dan material.

Tabel 4. 7 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan Produk

Produk	Jenis Palet	Kapasitas Palet (box)
Cup	Nestainer	98
A	Nestainer	66
B	Nestainer	66
C	Nestainer	66
D	Nestainer	66
E	Nestainer	66
F	Nestainer	66
G	Nestainer	66
H	Nestainer	66

Tabel 4. 8 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan Material

No	Material	Produk	Kapasitas / Palet (pcs)	Media Penyimpanan
1	Cup 250 / 3.5 grm	Cup	64,800	Palet Plastik
2	Straw 40		720,000	Palet Plastik
3	Karton 250		2,000	Palet Plastik
4	Lid 250 ml 12 l		11,520	Palet Plastik
5	Preform 11,8	A	12,600	Nictainer
6	Botol 550 ml		4,950	Palet Plastik
7	Tutup botol 29/25		168,000	Nestainer
8	Label A		816,000	Palet Plastik
9	Karton A		2,000	Palet Plastik
10	Preform 24,8	B	19,500	Palet Plastik
11	Botol 550 ml		4,950	Palet Plastik
12	Tutup botol 29/25		168,000	Nestainer
13	Label B		816,000	Palet Plastik
14	Karton B		2,000	Palet Plastik
15	Preform 14,0	C	38,400	Palet Plastik
16	Botol 600 ml		4,950	Palet Plastik
17	Tutup botol C		168,000	Nestainer
18	Label C		816,000	Palet Plastik
19	Karton C		2,000	Palet Plastik
20	Preform 14,0	D	38,400	Palet Plastik
21	Botol 600 ml		4,950	Palet Plastik
22	Tutup botol D		168,000	Nestainer
23	Label D		816,000	Palet Plastik
24	Karton D		2,000	Palet Plastik
25	Preform 11,8	E	12,600	Nictainer
26	Botol 330 ml		5,850	Palet Plastik
27	Tutup botol 29-25 1,4 grm		168,000	Nestainer
28	Label E		816,000	Palet Plastik
29	Karton E		3,900	Palet Plastik
30	Preform 11,8	F	12,600	Nictainer
31	Botol 550 ml		4,950	Palet Plastik
32	Tutup botol 29-25 1,4 grm		168,000	Nestainer
33	Label F		816,000	Palet Plastik
34	Karton F		2,000	Palet Plastik

Tabel 4. 8 Jenis dan Kapasitas Palet Penyimpanan Material (Lanjutan)

No	Material	Produk	Kapasitas / Palet (pcs)	Media Penyimpanan
35	Preform 11,8	G	12,600	Nictainer
36	Botol 330 ml G		5,850	Palet Plastik
37	Tutup botol 29/25 1,3 grm		168,000	Nestainer
38	Label G		816,000	Palet Plastik
39	Karton G		3,900	Palet Plastik
40	Preform 11,8	H	12,600	Nictainer
41	Botol 330 ml H		5,850	Palet Plastik
42	Tutup botol 29/25 1,3 grm		168,000	Nestainer
43	Label H		816,000	Palet Plastik
44	Karton H		3,900	Palet Plastik

4.1.5 Ramalan Permintaan Tahun 2020-2024

Dalam melakukan penelitian ini, dibutuhkan data ramalan permintaan selama tahun 2020 hingga 2024. Data ramalan permintaan ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari perusahaan. Data permintaan yang ditampilkan merupakan permintaan yang dialokasikan untuk mesin-mesin yang rencananya akan dipindahkan saja, bukan permintaan produk tersebut seluruhnya. Data permintaan tahun 2020-2024 dapat dilihat pada Tabel 4.9. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa tidak terdapat permintaan yang dialokasikan untuk produk B dan produk C.

Tabel 4. 9 Data Ramalan Permintaan Tahun 2020-2024

No	Bulan	Cup	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Januari '20	371,063	9,496	-	-	1,149	23,801	106,029	1,345	410
2	Februari '20	371,063	7,541	-	-	877	22,034	97,984	1,497	269
3	Maret '20	413,043	11,604	-	-	1,156	23,194	125,284	2,838	111
4	April '20	485,150	9,164	-	-	1,382	26,427	121,527	2,676	120
5	Mei '20	610,102	12,667	-	-	1,665	33,043	153,488	2,102	130
6	Juni '20	596,031	8,772	-	-	1,443	26,520	139,977	1,944	139
7	Juli '20	575,790	12,004	-	-	1,237	49,271	129,563	1,960	149
8	Agustus '20	669,918	11,586	-	-	819	47,886	116,671	1,311	158
9	September '20	476,806	11,907	-	-	1,097	31,053	157,188	2,378	168
10	Oktober '20	544,024	8,998	-	-	1,021	33,881	129,199	2,386	177
11	November '20	712,024	8,985	-	-	1,061	30,967	120,995	2,230	187
12	Desember '20	650,816	11,192	-	-	1,375	8,276	143,725	1,871	196
13	Januari '21	475,052	11,582	-	-	1,470	25,648	142,096	1,850	206
14	Februari '21	453,864	11,475	-	-	1,797	24,363	31,005	1,714	215
15	Maret '21	524,087	9,192	-	-	1,134	25,688	100,842	1,245	225
16	April '21	612,721	7,307	-	-	866	29,243	93,436	1,391	234
17	Mei '21	767,091	11,236	-	-	1,141	36,534	119,274	2,630	244
18	Juni '21	746,179	8,873	-	-	1,364	29,297	115,677	2,479	253
19	Juli '21	717,857	12,264	-	-	1,643	54,386	146,074	1,946	263
20	Agustus '21	831,880	8,492	-	-	1,424	52,815	133,193	1,799	272
...
60	Desember '24	1,233,251	8,000	-	-	1,310	11,570	98,129	1,888	652

4.1.6 Lokasi Permintaan dan Biaya Pengiriman per Kendaraan

Lokasi permintaan digunakan untuk mengetahui biaya distribusi dari masing-masing alternatif lokasi mesin. Lokasi permintaan yang ditampilkan merupakan lokasi depo yang berada di Jawa Timur, menyesuaikan dengan alternatif lokasi mesin. Lokasi depo di Jawa Timur dibagi menjadi lima wilayah, yaitu wilayah Surabaya dan Gresik, Barat, Selatan, Timur, dan Madura yang dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Lokasi Permintaan

No	Depo	Wilayah
1	HR Muhammad	Surabaya & Gresik
2	Jemursari	
3	Simo	
4	Gresik	
5	Baliwerti 2	
6	Bojonegoro	Jatim Barat
7	Ngawi	
8	Ponorogo	
9	Tuban	
10	Pacitan	Jatim Selatan
11	Gedangan	
12	Mojokerto	
13	Kediri	
14	Malang	
15	Pandaan	
16	Kepanjen	
17	Tulungagung	Jatim Timur
18	Jember	
19	Banyuwangi	
20	Situbondo	
21	Lumajang	
22	Kraksaan	Madura
23	Bangkalan	
24	Sumenep	
25	Sampang	

Berdasarkan Tabel 4.10, diketahui bahwa terdapat dua puluh lima depo yang tersebar di Jawa Timur. Masing-masing depo tersebut memiliki persentase alokasi untuk setiap produk. Persentase alokasi ini akan dikalikan dengan permintaan produk yang telah ditampilkan sebelumnya untuk memperoleh permintaan masing-masing produk di setiap depo. Tabel 4.11 menunjukkan persentase alokasi masing-masing produk untuk masing-masing depo.

Tabel 4. 11 Persentase Alokasi Permintaan Setiap Depo

No	Depo	Cup	A	B	C	D	E	F	G	H
1	HR Muhammad	4.59%	24.20%	0.00%	0.00%	12.09%	14.74%	7.74%	14.23%	63.20%
2	Jemursari	10.54%	32.93%	0.00%	0.00%	20.30%	26.36%	16.99%	15.03%	0.00%
3	Simo	2.61%	11.51%	0.00%	0.00%	0.23%	13.39%	7.35%	1.74%	10.04%
4	Gresik	8.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.60%	4.88%	0.00%	0.00%
5	Baliwerti 2	0.31%	0.68%	0.00%	0.00%	0.91%	0.96%	0.54%	0.00%	0.00%
6	Bojonegoro	3.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.19%	3.39%	0.00%	0.00%
7	Ngawi	1.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.97%	1.61%	0.00%	0.00%
8	Ponorogo	0.73%	0.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.47%	0.58%	0.00%	0.00%
9	Tuban	4.82%	0.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.52%	3.06%	10.15%	0.00%
10	Pacitan	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.33%	0.06%	0.00%	0.00%
11	Gedangan	19.08%	8.99%	0.00%	0.00%	37.97%	5.08%	12.73%	1.60%	1.86%
12	Mojokerto	25.95%	0.25%	0.00%	0.00%	6.61%	1.29%	2.83%	2.81%	0.00%
13	Kediri	3.60%	0.17%	0.00%	0.00%	7.98%	3.88%	5.17%	10.42%	3.72%
14	Malang	4.60%	9.18%	0.00%	0.00%	5.93%	8.85%	13.64%	0.00%	20.45%
15	Pandaan	2.48%	2.17%	0.00%	0.00%	0.11%	2.36%	5.24%	5.14%	0.74%
16	Kepanjen	0.83%	0.00%	0.00%	0.00%	3.31%	3.69%	0.15%	3.41%	0.00%
17	Tulungagung	0.30%	0.54%	0.00%	0.00%	4.56%	1.57%	0.70%	5.74%	0.00%
18	Jember	0.90%	4.27%	0.00%	0.00%	0.00%	1.35%	3.98%	1.60%	0.00%
19	Banyuwangi	1.44%	1.50%	0.00%	0.00%	0.00%	1.94%	2.56%	1.47%	0.00%
20	Situbondo	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.41%	0.76%	5.81%	0.00%
...
25	Sampang	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.06%	0.42%	0.07%	0.00%
TOTAL		100.00%	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Data yang dibutuhkan selanjutnya yaitu biaya distribusi dari masing-masing lokasi. Biaya distribusi yang akan ditampilkan merupakan biaya distribusi pada tahun 2020. Distribusi yang dilakukan merupakan distribusi produk jadi dari masing-masing pabrik ke setiap depo, serta distribusi untuk material dari Pandaan menuju Kediri dan Bojonegoro. Biaya-biaya yang dicantumkan merupakan biaya yang dibutuhkan untuk satu kali pengiriman. Tabel 4.12 merupakan biaya distribusi untuk produk jadi dan material.

Tabel 4. 12 Biaya Distribusi dari Masing-Masing Pabrik Tahun 2020

No	Lokasi Pengiriman	Biaya Distribusi per Pengiriman		
		Pandaan	Kediri	Bojonegoro
1	HR Muhammad	Rp 175,375	Rp 247,875	Rp 209,725
2	Jemursari	Rp 404,750	Rp 438,125	Rp 407,150
3	Simo	Rp 262,500	Rp 278,225	Rp 216,900
4	Gresik	Rp 372,250	Rp 323,650	Rp 198,450
5	Baliwerti 2	Rp 252,000	Rp 277,350	Rp 226,900
6	Bojonegoro	Rp 534,750	Rp 217,250	Rp 154,725
7	Ngawi	Rp 586,250	Rp 236,725	Rp 203,925
8	Ponorogo	Rp 846,500	Rp 512,350	Rp 587,525
9	Tuban	Rp 580,250	Rp 271,200	Rp 202,525
10	Pacitan	Rp 528,850	Rp 330,000	Rp 408,250
11	Gedangan	Rp 316,950	Rp 361,025	Rp 421,500
12	Mojokerto	Rp 411,250	Rp 324,125	Rp 363,075
13	Kediri	Rp 366,550	Rp 123,625	Rp 163,600
14	Malang	Rp 349,750	Rp 355,900	Rp 566,300
15	Pandaan	Rp 180,000	Rp 204,600	Rp 371,675
16	Kepanjen	Rp 272,250	Rp 211,775	Rp 287,625
17	Tulungagung	Rp 254,825	Rp 167,700	Rp 213,825
18	Jember	Rp 183,175	Rp 253,900	Rp 290,800
19	Banyuwangi	Rp 281,875	Rp 336,200	Rp 372,075
20	Situbondo	Rp 234,725	Rp 244,975	Rp 281,875
21	Lumajang	Rp 351,000	Rp 419,675	Rp 456,575
22	Kraksaan	Rp 213,100	Rp 268,450	Rp 304,325
23	Bangkalan	Rp 524,500	Rp 440,450	Rp 454,800
24	Sumenep	Rp 607,250	Rp 418,650	Rp 397,125
25	Sampang	Rp 185,000	Rp 218,825	Rp 254,700
26	Pabrik Kediri	Rp 190,250		
27	Pabrik Bojonegoro	Rp 228,175		

4.1.7 Kapasitas Angkut Kendaraan

Dalam mengetahui kapasitas angkut kendaraan diperlukan dua data, yaitu data kapasitas kendaraan dan data bobot tiap box material. Dengan membandingkan kedua data tersebut, maka nantinya dapat dihitung kapasitas kendaraan dan kebutuhan kendaraan untuk memenuhi permintaan. Kendaraan yang digunakan untuk distribusi berjenis CDD, dan memiliki kapasitas angkut yaitu sebesar 7,500 kg. Tabel 4.13 menampilkan bobot dari produk jadi, dan Tabel 4.14 menampilkan bobot dari material.

Tabel 4. 13 Bobot Produk Jadi

Produk	Tonase (kg)
Cup	10
A	13.5
B	6.3
C	14.7
D	14.7
E	8.2
F	13.5
G	8.2
H	8.2

Tabel 4. 14 Bobot dan Kuantitas Material

Produk	Nama Material	Qty (pcs/box)	Tonase (kg)
Cup	Cup 250 / 3.5 grm	3,200	11.2
	Karton 250	40	64
	Lid 250 ml 12 l	480	50
	Straw 40	500	4.2
A	Karton A	24	33.3
	Label A	17,500	15
	Preform 11,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29/25	800	3.04
B	Karton B	24	33.3
	Label B	17,500	15
	Preform 24,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29/25	800	3.04
C	Karton C	24	33.3
	Label C	15,000	15

Tabel 4. 14 Bobot dan Kuantitas Material (Lanjutan)

Produk	Nama Material	Qty (pcs/box)	Tonase (kg)
E	Preform 14,0	1,280	17.92
	Tutup botol C	750	3
D	Karton D	24	33.3
	Label D	15,000	15
	Preform 14,0	1,280	17.92
	Tutup botol D	750	3
E	Karton E	24	33.3
	Label E	22,500	15
	Preform 11,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29-25 1,4 grm	6,000	7.8
F	Karton F	24	33.3
	Label F	17,500	15
	Preform 11,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29-25 1,4 grm	6,000	7.8
G	Karton G	24	33.3
	Label G	22,500	15
	Preform 11,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29/25 1,3 grm	6,000	7.8
H	Karton H	24	33.3
	Label H	22,500	15
	Preform 11,8	1,270	14.98
	Tutup botol 29/25 1,3 grm	6,000	7.8

4.1.8 Biaya Pengiriman Mesin

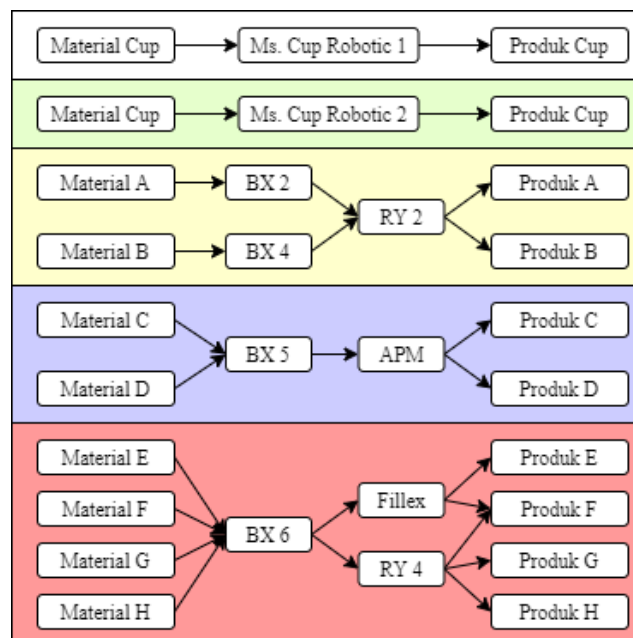
Berdasarkan hasil wawancara, biaya yang dibutuhkan untuk mengirimkan mesin merupakan biaya yang dibutuhkan untuk sewa kendaraan pengiriman. Kendaraan yang dibutuhkan untuk masing-masing mesin sama karena ukuran mesin yang tidak jauh berbeda. Kendaraan yang akan digunakan untuk melakukan pengiriman merupakan truk jenis tronton. Biaya yang dibutuhkan untuk satu mesin ke Kediri yaitu sebesar Rp 3,552,000.00 dan biaya pengiriman ke Bojonegoro yaitu sebesar Rp 4,262,000.00. Biaya ini merupakan biaya pengiriman jika mesin dipindahkan pada tahun 2020.

4.2 Pengolahan Data

Data-data yang telah dikumpulkan tersebut kemudian diolah untuk mengetahui paket pemindahan mesin, kombinasi lokasi paket, kebutuhan luas area yang dibutuhkan untuk masing-masing paket, perbandingan kapasitas produksi dengan permintaan, biaya tenaga kerja pada masing-masing lokasi, dan biaya distribusi. Kemudian akan dilakukan pengambilan keputusan solusi lokasi terbaik dengan menggunakan metode heuristik.

4.2.1 Paket Pemindahan Mesin

Pada latar belakang telah dijelaskan bahwa terdapat mesin-mesin yang saling berhubungan. Gambar 1.2 memberikan gambaran sederhana mengenai keterkaitan antar mesin dalam menghasilkan suatu produk. Keterkaitan ini menyebabkan mesin-mesin tersebut tidak dapat dipisahkan dan harus berada pada lokasi yang sama. Gambar 4.1 menggambarkan alur produksi untuk masing-masing produk.



Gambar 4. 1 Alur Produksi Produk

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat diketahui mesin-mesin yang saling berkaitan. Sebagai contoh yaitu untuk memproduksi produk A, dibutuhkan mesin BX 2 dan RY 2, namun mesin RY 2 juga dibutuhkan dalam proses produksi untuk

produk B yang membutuhkan mesin BX 4. Sehingga mesin BX 2, BX 4, dan RY 2 dibuat menjadi satu paket pemindahan mesin. Secara lengkap, paket pemindahan mesin dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Paket Pemindahan Mesin

Paket	Mesin
A	Ms. Cup Robotic 1
B	Ms. Cup Robotic 2
C	Blow BX 2
	Blow BX 4
	Filling RY 2
D	Blow BX 5
	Filling APM
E	Blow BX 6
	Filling Fillex
	Filling RY 4

4.2.2 Kombinasi Lokasi Paket-Paket Mesin

Dalam menentukan lokasi terbaik untuk masing-masing paket mesin, maka perlu diketahui kombinasi-kombinasi penentuan lokasi yang ada. Berdasarkan subbab sebelumnya dapat diketahui bahwa terdapat lima paket pemindahan mesin, serta tiga alternatif lokasi. Dengan menggunakan rumus kombinasi, didapatkan hasil bahwa total kombinasi yang mungkin dibuat yaitu sebanyak 243 kombinasi. Data tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan kombinasi lokasi masing-masing paket mesin. Tabel 4.16 merupakan kombinasi lokasi paket mesin yang telah dibuat.

Tabel 4. 16 Kombinasi Lokasi Paket Mesin

No	Lokasi Paket		
	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
1	A;B;C;D;E	-	-
2	B;C;D;E	A	-
3	B;C;D;E	-	A
4	A;C;D;E	B	-
5	A;C;D;E	-	B
...

Tabel 4. 16 Kombinasi Lokasi Paket Mesin (Lanjutan)

No	Lokasi Paket		
	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
21	B;C;E	A	D
22	B;C;E	D	A
23	B;C;E	-	A;D
24	B;C;D	A;E	-
25	B;C;D	A	E
...
56	D;E	A	B;C
57	D;E	B	A;C
58	D;E	C	A;B
59	D;E	-	A;B;C
60	C;E	A;B;D	-
...
136	E	A;B;C	D
137	E	C;D	A;B
138	E	B;D	A;C
139	E	B;C	A;D
140	E	A;D	B;C
...
216	-	A;B;C;E	D
217	-	A;B;C;D	E
218	-	C;D;E	A;B
219	-	B;D;E	A;C
220	-	B;C;E	A;D
...
243	-	-	A;B;C;D;E

Berdasarkan Tabel 4.16 dapat diketahui kombinasi-kombinasi lokasi paket mesin yang dapat dilakukan. Kombinasi ini nantinya akan digunakan pada metode heuristik dalam menentukan lokasi terbaik. Solusi yang dihasilkan nantinya dapat berupa tidak ada mesin yang dipindahkan, pemindahan sebagian mesin, dan pemindahan seluruh mesin dari Pabrik Pandaan.

4.2.3 Perbandingan Kapasitas Produksi dengan Permintaan

Data kapasitas produksi pada Tabel 4.2 menunjukkan kemampuan produksi masing-masing mesin untuk satu *shift*. Berdasarkan wawancara dengan perusahaan,

diketahui bahwa dalam satu hari terdapat tiga *shift* kerja, dan terdapat dua puluh lima hari kerja dalam satu bulan. Berdasarkan data tersebut, maka dapat diketahui kapasitas produksi untuk masing-masing mesin per hari dan per bulan yang dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Kapasitas Produksi Mesin per Hari dan per Bulan

Paket	Mesin	Kapasitas Produksi per Hari (box)	Kapasitas Produksi per Bulan (box)
A	Ms. Cup Robotic 1	11,340	283,500
B	Ms. Cup Robotic 2	11,340	283,500
C	Blow BX 2	3,999	99,975
	Blow BX 4	3,999	99,975
	Filling RY 2	3,600	90,000
D	Blow BX 5	3,999	99,975
	Filling APM	3,600	90,000
E	Blow BX 6	3,999	99,975
	Filling Fillex	3,600	90,000
	Filling RY 4	3,600	90,000

Kapasitas produksi tersebut dibandingkan dengan data permintaan untuk mengetahui kemampuan pemenuhan permintaan serta utilitas mesin. Jika jumlah permintaan melebihi kapasitas produksi mesin, maka akan dilakukan penyesuaian permintaan yang digunakan dalam perhitungan kebutuhan area dan kebutuhan kendaraan untuk distribusi. Dengan membandingkan permintaan dengan kapasitas produksi, didapatkan data persentase pemenuhan permintaan dan utilitas mesin untuk setiap bulan yang ditampilkan pada Tabel 4.18 hingga Tabel 4.22.

Pada tabel 4.18 hingga Tabel 4.22 tersebut, kolom berwarna biru merepresentasikan kemampuan pemenuhan permintaan untuk mesin tersebut berada di bawah 90%. Dimana 90% merupakan minimum *service level* perusahaan. Sedangkan kolom berwarna merah merepresetasikan utilitas mesin yang berada di bawah angka 50%. Berdasarkan data tersebut, maka dilakukan penyesuaian permintaan yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan selanjutnya, yaitu perhitungan kebutuhan luas area penyimpanan serta kebutuhan kendaraan distribusi. Data kebutuhan produksi masing-masing mesin yang telah disesuaikan dengan kapasitas mesin ditampilkan pada Tabel 4.23 hingga Tabel 4.27.

Tabel 4. 18 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2020

Bulan	Mesin	Permintaan	Permintaan dapat Terpenuhi	Persentase Pemenuhan	Utilitas Mesin
Januari	Ms. Cup Robotic 1	185,532	185,532	100%	65.44%
	Ms. Cup Robotic 2	185,531	185,531	100%	65.44%
	Blow BX 2	9,496	9,496	100%	9.50%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	9,496	9,496	100%	10.55%
	Blow BX 5	1,149	1,149	100%	1.15%
	Filling APM	1,149	1,149	100%	1.28%
	Blow BX 6	131,585	99,975	75.98%	100%
	Filling Fillex	76,816	49,988	65.07%	55.54%
	Filling RY 4	54,769	49,987	91.27%	55.54%
Februari	Ms. Cup Robotic 1	185,532	185,532	100%	65.44%
	Ms. Cup Robotic 2	185,531	185,531	100%	65.44%
	Blow BX 2	7,541	7,541	100%	7.54%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	7,541	7,541	100%	8.38%
	Blow BX 5	877	877	100%	0.88%
	Filling APM	877	877	100%	0.97%
...
Desember	Filling APM	1,375	1,375	100%	1.53%
	Blow BX 6	154,068	99,975	64.89%	100.00%
	Filling Fillex	80,139	49,988	62.38%	55.54%
	Filling RY 4	73,929	49,987	67.61%	55.54%

Tabel 4. 19 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2021

Bulan	Mesin	Permintaan	Permintaan dapat Terpenuhi	Persentase Pemenuhan	Utilitas Mesin
Januari	Ms. Cup Robotic 1	237,526	237,526	100%	83.78%
	Ms. Cup Robotic 2	237,526	237,526	100%	83.78%
	Blow BX 2	11,582	11,582	100%	11.58%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	11,582	11,582	100%	12.87%
	Blow BX 5	1,470	1,470	100%	1.47%
	Filling APM	1,470	1,470	100%	1.63%
	Blow BX 6	169,800	99,975	58.88%	100%
	Filling Fillex	96,696	49,988	51.70%	55.54%
	Filling RY 4	73,104	49,987	68.38%	55.54%
Februari	Ms. Cup Robotic 1	226,932	226,932	100%	80.05%
	Ms. Cup Robotic 2	226,932	226,932	100%	80.05%
	Blow BX 2	11,475	11,475	100%	11.48%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	11,475	11,475	100%	12.75%
	Blow BX 5	1,797	1,797	100%	1.80%
	Filling APM	1,797	1,797	100%	2.00%
...
Desember	Filling APM	1,008	1,008	100%	1.12%
	Blow BX 6	134,464	99,975	74.35%	100.00%
	Filling Fillex	70,525	49,988	70.88%	55.54%
	Filling RY 4	63,939	49,987	78.18%	55.54%

Tabel 4. 20 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2022

Bulan	Mesin	Permintaan	Permintaan dapat Terpenuhi	Persentase Pemenuhan	Utilitas Mesin
Januari	Ms. Cup Robotic 1	289,696	283,500	98%	100.00%
	Ms. Cup Robotic 2	289,695	283,500	98%	100.00%
	Blow BX 2	8,695	8,695	100%	8.70%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	8,695	8,695	100%	9.66%
	Blow BX 5	1,048	1,048	100%	1.05%
	Filling APM	1,048	1,048	100%	1.16%
	Blow BX 6	145,585	99,975	68.67%	100%
	Filling Fillex	85,693	49,988	58.33%	55.54%
	Filling RY 4	59,892	49,987	83.46%	55.54%
Februari	Ms. Cup Robotic 1	275,879	275,879	100%	97.31%
	Ms. Cup Robotic 2	275,879	275,879	100%	97.31%
	Blow BX 2	10,829	10,829	100%	10.83%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	10,829	10,829	100%	12.03%
	Blow BX 5	1,357	1,357	100%	1.36%
	Filling APM	1,357	1,357	100%	1.51%
...
Desember	Filling APM	797	797	100%	0.89%
	Blow BX 6	116,742	99,975	85.64%	100.00%
	Filling Fillex	62,564	49,988	79.90%	55.54%
	Filling RY 4	54,178	49,987	92.26%	55.54%

Tabel 4. 21 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2023

Bulan	Mesin	Permintaan	Permintaan dapat Terpenuhi	Persentase Pemenuhan	Utilitas Mesin
Januari	Ms. Cup Robotic 1	341,866	283,500	83%	100.00%
	Ms. Cup Robotic 2	341,865	283,500	83%	100.00%
	Blow BX 2	11,142	11,142	100%	11.14%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	11,142	11,142	100%	12.38%
	Blow BX 5	1,068	1,068	100%	1.07%
	Filling APM	1,068	1,068	100%	1.19%
	Blow BX 6	174,954	99,975	57.14%	100%
	Filling Fillex	101,606	49,988	49.20%	55.54%
	Filling RY 4	73,348	49,987	68.15%	55.54%
Februari	Ms. Cup Robotic 1	324,826	283,500	87%	100.00%
	Ms. Cup Robotic 2	324,826	283,500	87%	100.00%
	Blow BX 2	8,418	8,418	100%	8.42%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	8,418	8,418	100%	9.35%
	Blow BX 5	994	994	100%	0.99%
	Filling APM	994	994	100%	1.10%
...
Desember	Filling APM	1,386	1,386	100%	1.54%
	Blow BX 6	132,419	99,975	75.50%	100.00%
	Filling Fillex	70,559	49,988	70.85%	55.54%
	Filling RY 4	61,860	49,987	80.81%	55.54%

Tabel 4. 22 Perbandingan Permintaan dan Kapasitas Produksi Tahun 2024

Bulan	Mesin	Permintaan	Permintaan dapat Terpenuhi	Persentase Pemenuhan	Utilitas Mesin
Januari	Ms. Cup Robotic 1	394,035	283,500	72%	100.00%
	Ms. Cup Robotic 2	394,035	283,500	72%	100.00%
	Blow BX 2	10,852	10,852	100%	10.85%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	10,852	10,852	100%	12.06%
	Blow BX 5	1,189	1,189	100%	1.19%
	Filling APM	1,189	1,189	100%	1.32%
	Blow BX 6	145,968	99,975	68.49%	100%
	Filling Fillex	88,571	49,988	56.44%	55.54%
	Filling RY 4	57,397	49,987	87.09%	55.54%
Februari	Ms. Cup Robotic 1	373,773	283,500	76%	100.00%
	Ms. Cup Robotic 2	373,773	283,500	76%	100.00%
	Blow BX 2	10,472	10,472	100%	10.47%
	Blow BX 4	-	-	100%	0.00%
	Filling RY 2	10,472	10,472	100%	11.64%
	Blow BX 5	786	786	100%	0.79%
	Filling APM	786	786	100%	0.87%
...
Desember	Filling APM	1,310	1,310	100%	1.46%
	Blow BX 6	112,239	99,975	89.07%	100.00%
	Filling Fillex	60,635	49,988	82.44%	55.54%
	Filling RY 4	51,604	49,987	96.87%	55.54%

Tabel 4. 23 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2020

Bulan	Paket A	Paket B	Paket C			Paket D		Paket D		
	Ms. Cup Robotic 1	Ms. Cup Robotic 2	Blow BX 2	Blow BX 4	Filling RY 2	Blow BX 5	Filling APM	Blow BX 6	Filling Fillex	Filling RY 4
Januari	185,532	185,531	9,496	-	9,496	1,149	1,149	99,975	49,988	49,987
Februari	185,532	185,531	7,541	-	7,541	877	877	99,975	49,988	49,987
Maret	206,522	206,521	11,604	-	11,604	1,156	1,156	99,975	49,988	49,987
April	242,575	242,575	9,164	-	9,164	1,382	1,382	99,975	49,988	49,987
Mei	283,500	283,500	12,667	-	12,667	1,665	1,665	99,975	49,988	49,987
Juni	283,500	283,500	8,772	-	8,772	1,443	1,443	99,975	49,988	49,987
Juli	283,500	283,500	12,004	-	12,004	1,237	1,237	99,975	49,988	49,987
Agustus	283,500	283,500	11,586	-	11,586	819	819	99,975	49,988	49,987
September	238,403	238,403	11,907	-	11,907	1,097	1,097	99,975	49,988	49,987
Oktober	272,012	272,012	8,998	-	8,998	1,021	1,021	99,975	49,988	49,987
November	283,500	283,500	8,985	-	8,985	1,061	1,061	99,975	49,988	49,987
Desember	283,500	283,500	11,192	-	11,192	1,375	1,375	99,975	49,988	49,987

Tabel 4. 24 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2021

Bulan	Paket A	Paket B	Paket C			Paket D		Paket D		
	Ms. Cup Robotic 1	Ms. Cup Robotic 2	Blow BX 2	Blow BX 4	Filling RY 2	Blow BX 5	Filling APM	Blow BX 6	Filling Fillex	Filling RY 4
Januari	237,526	237,526	11,582	-	11,582	1,470	1,470	99,975	49,988	49,987
Februari	226,932	226,932	11,475	-	11,475	1,797	1,797	57,297	39,866	17,431
Maret	262,044	262,043	9,192	-	9,192	1,134	1,134	99,975	49,988	49,987
April	283,500	283,500	7,307	-	7,307	866	866	99,975	49,988	49,987
Mei	283,500	283,500	11,236	-	11,236	1,141	1,141	99,975	49,988	49,987
Juni	283,500	283,500	8,873	-	8,873	1,364	1,364	99,975	49,988	49,987
Juli	283,500	283,500	12,264	-	12,264	1,643	1,643	99,975	49,988	49,987
Agustus	283,500	283,500	8,492	-	8,492	1,424	1,424	99,975	49,988	49,987
September	283,500	283,500	11,620	-	11,620	1,221	1,221	99,975	49,988	49,987
Oktober	283,500	283,500	11,215	-	11,215	808	808	99,975	49,988	49,987
November	283,500	283,500	11,524	-	11,524	1,082	1,082	99,975	49,988	49,987
Desember	283,500	283,500	8,708	-	8,708	1,008	1,008	99,975	49,988	49,987

Tabel 4. 25 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2022

Bulan	Paket A	Paket B	Paket C			Paket D		Paket D		
	Ms. Cup Robotic 1	Ms. Cup Robotic 2	Blow BX 2	Blow BX 4	Filling RY 2	Blow BX 5	Filling APM	Blow BX 6	Filling Fillex	Filling RY 4
Januari	283,500	283,500	8,695	-	8,695	1,048	1,048	99,975	49,988	49,987
Februari	275,879	275,879	10,829	-	10,829	1,357	1,357	99,975	49,988	49,987
Maret	283,500	283,500	11,207	-	11,207	1,451	1,451	99,975	49,988	49,987
April	283,500	283,500	11,102	-	11,102	1,773	1,773	63,448	46,790	16,658
Mei	283,500	283,500	8,892	-	8,892	1,119	1,119	99,975	49,988	49,987
Juni	283,500	283,500	7,068	-	7,068	854	854	99,975	49,988	49,987
Juli	283,500	283,500	10,869	-	10,869	1,126	1,126	99,975	49,988	49,987
Agustus	283,500	283,500	8,582	-	8,582	1,346	1,346	99,975	49,988	49,987
September	283,500	283,500	11,860	-	11,860	1,621	1,621	99,975	49,988	49,987
Oktober	283,500	283,500	8,212	-	8,212	1,405	1,405	99,975	49,988	49,987
November	283,500	283,500	11,236	-	11,236	1,205	1,205	99,975	49,988	49,987
Desember	283,500	283,500	10,843	-	10,843	797	797	99,975	49,988	49,987

Tabel 4. 26 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2023

Bulan	Paket A	Paket B	Paket C			Paket D		Paket D		
	Ms. Cup Robotic 1	Ms. Cup Robotic 2	Blow BX 2	Blow BX 4	Filling RY 2	Blow BX 5	Filling APM	Blow BX 6	Filling Fillex	Filling RY 4
Januari	283,500	283,500	11,142	-	11,142	1,068	1,068	99,975	49,988	49,987
Februari	283,500	283,500	8,418	-	8,418	994	994	99,975	49,988	49,987
Maret	283,500	283,500	8,405	-	8,405	1,034	1,034	99,975	49,988	49,987
April	283,500	283,500	10,467	-	10,467	1,339	1,339	99,975	49,988	49,987
Mei	283,500	283,500	10,831	-	10,831	1,431	1,431	99,975	49,988	49,987
Juni	283,500	283,500	10,729	-	10,729	1,750	1,750	64,693	48,808	15,885
Juli	283,500	283,500	8,592	-	8,592	1,104	1,104	99,975	49,988	49,987
Agustus	283,500	283,500	6,829	-	6,829	843	843	99,975	49,988	49,987
September	283,500	283,500	10,501	-	10,501	1,111	1,111	99,975	49,988	49,987
Oktober	283,500	283,500	8,291	-	8,291	1,328	1,328	99,975	49,988	49,987
November	283,500	283,500	11,457	-	11,457	1,600	1,600	99,975	49,988	49,987
Desember	283,500	283,500	7,932	-	7,932	1,386	1,386	99,975	49,988	49,987

Tabel 4. 27 Penyesuaian Kebutuhan Produksi Tahun 2024

Bulan	Paket A	Paket B	Paket C			Paket D		Paket D		
	Ms. Cup Robotic 1	Ms. Cup Robotic 2	Blow BX 2	Blow BX 4	Filling RY 2	Blow BX 5	Filling APM	Blow BX 6	Filling Fillex	Filling RY 4
Januari	283,500	283,500	10,852	-	10,852	1,189	1,189	99,975	49,988	49,987
Februari	283,500	283,500	10,472	-	10,472	786	786	99,975	49,988	49,987
Maret	283,500	283,500	10,759	-	10,759	1,054	1,054	99,975	49,988	49,987
April	283,500	283,500	8,128	-	8,128	981	981	99,975	49,988	49,987
Mei	283,500	283,500	8,115	-	8,115	1,020	1,020	99,975	49,988	49,987
Juni	283,500	283,500	10,105	-	10,105	1,321	1,321	99,975	49,988	49,987
Juli	283,500	283,500	10,455	-	10,455	1,412	1,412	99,975	49,988	49,987
Agustus	283,500	283,500	10,356	-	10,356	1,726	1,726	95,897	47,949	28,297
September	283,500	283,500	8,293	-	8,293	1,089	1,089	99,975	49,988	49,987
Oktober	283,500	283,500	6,591	-	6,591	832	832	99,975	49,988	49,987
November	283,500	283,500	10,133	-	10,133	1,096	1,096	99,975	49,988	49,987
Desember	283,500	283,500	8,000	-	8,000	1,310	1,310	99,975	49,988	49,987

4.2.4 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan

Kebutuhan luas area penyimpanan akan mengikuti permintaan yang telah disesuaikan sebelumnya. Dalam perhitungan selanjutnya, yaitu menghitung luas area penyimpanan dan kebutuhan kendaraan, akan dipilih produk dengan dimensi terbesar dari masing-masing mesin. Tujuannya yaitu untuk memberikan *allowance* pada area penyimpanan, sehingga luas area penyimpanan masih tetap cukup jika terjadi pergeseran permintaan antar produk pada masing-masing mesin. Pada paket A dan B hanya terdapat satu jenis produk yaitu produk cup. Pada paket C produk yang terpilih yaitu produk A. Pada paket D produk yang terpilih yaitu produk D. Pada paket E produk yang terpilih yaitu produk F.

Dalam menghitung kebutuhan luas area, akan digunakan permintaan tertinggi dari masing-masing mesin. Perhitungan kebutuhan luas area akan dibagi menjadi dua, yaitu kebutuhan area penyimpanan produk jadi, dan kebutuhan area penyimpanan material. Berdasarkan data permintaan sebelumnya, Tabel 4.28 merupakan permintaan tertinggi untuk satu bulan dari masing-masing paket. Permintaan tersebut merupakan permintaan selama satu bulan, maka untuk menghitung kebutuhan area, perlu diubah menjadi kebutuhan produksi perhari. *Inventory policy* perusahaan untuk produk jadi merupakan hasil produksi selama tiga hari. Jumlah produk yang perlu disimpan tersebut kemudian dibandingkan dengan kapasitas palet. Tabel 4.29 merupakan perhitungan kebutuhan luas area untuk penyimpanan produk jadi.

Tabel 4. 28 Permintaan Tertinggi untuk Masing-Masing Paket

Paket	Permintaan Tertinggi (box)
A	283,500
B	283,500
C	12,667
D	1,797
E	99,975

Tabel 4. 29 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan Produk Jadi

Paket	Produksi / hari (box)	Penyimpanan (box)	Kebutuhan Palet	Kebutuhan Letak Palet	Luas (m ²)
A	11,340	34,020	348	116	180.96
B	11,340	34,020	348	116	180.96
C	507	1,520	24	8	12.48
D	72	216	4	2	3.12
E	3,999	11,997	182	62	96.72

Perhitungan untuk kebutuhan luas area penyimpanan material tidak jauh berbeda dengan menghitung luas area penyimpanan produk jadi. Perbedaannya yaitu satuan produk yang disimpan bukan *box* melainkan *pcs*, dan *inventory policy* untuk material yaitu kebutuhan produksi selama empat belas hari. Tabel 4.30 merupakan kebutuhan area penyimpanan material untuk masing-masing paket.

Tabel 4. 30 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan Material

Paket	Material	Kebutuhan / hari (pcs)	Penyimpanan (pcs)	Kebutuhan Palet	Kebutuhan Letak Palet	Luas (m ²)
A	Cup 250 / 3.5 grm	453,600	6,350,400	98	98	118
	Straw 40	11,340	158,760	1	1	1
	Karton 250	11,340	158,760	80	80	96
	Lid 250 ml 12 l	11,340	158,760	14	14	17
B	Cup 250 / 3.5 grm	453,600	6,350,400	98	98	118
	Straw 40	11,340	158,760	1	1	1
	Karton 250	11,340	158,760	80	80	96
	Lid 250 ml 12 l	24	331	1	1	1
C	Preform 11,8	12,160	170,244	14	4	4
	Botol 550 ml	12,160	170,244	35	35	42
	Tutup botol 29/25	12,160	170,244	2	1	1
	Label A	12,160	170,244	1	1	1
	Karton A	507	7,094	4	4	5
D	Preform 14,0	1,725	24,152	1	1	1
	Botol 600 ml	1,725	24,152	5	5	6

Tabel 4. 30 Kebutuhan Luas Area Penyimpanan Material (Lanjutan)

Paket	Material	Kebutuhan / hari (pcs)	Penyimpanan (pcs)	Kebutuhan Palet	Kebutuhan Letak Palet	Luas (m ²)
D	Tutup botol D	1,725	24,152	1	1	1
	Label D	1,725	24,152	1	1	1
	Karton D	72	1,006	1	1	1
E	Preform 11,8	47,988	671,839	54	14	15
	Botol 550 ml	95,977	1,343,677	272	272	326
	Tutup botol 29-25 1,4 gm	95,977	1,343,677	8	4	5
	Label F	95,977	1,343,677	2	2	2
	Karton F	3,999	55,987	28	28	34

4.2.5 Total Kebutuhan Area Masing-Masing Paket

Kebutuhan luas area untuk masing-masing paket akan menjumlahkan luas area yang dibutuhkan untuk area mesin, luas area penyimpanan produk jadi, dan luas arean penyimpanan material. Dengan menggunakan data luas area mesin yang telah diperoleh dari perusahaan dan hasil perhitungan luas area penyimpanan produk jadi dan material, maka diperoleh total kebutuhan luas area untuk masing-masing paket yang dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Total Kebutuhan Luas Area Masing-Masing Paket

Paket	Kebutuhan Luas (m ²)			Total Luas
	Area Mesin	Produk Jadi	Material	
A	210	180.96	231.6	622.56
B	210	180.96	216	606.96
C	345	12.48	53.6	411.08
D	270	3.12	10.8	283.92
E	492	96.72	382.6	971.32

4.2.6 Biaya Tenaga Kerja

Dalam menghitung biaya tenaga kerja, diperlukan data UMK untuk masing-masing alternatif lokasi serta kebutuhan tenaga kerja untuk masing-masing paket mesin. Pada Tabel 1.2 telah ditampilkan UMK masing-masing lokasi pada tahun 2020. UMK pada tahun 2020 tersebut kemudian akan diproyeksikan untuk tahun

2021-2024 dengan menggunakan kenaikan inflasi pada kondisi normal. Data kenaikan inflasi yang diperoleh dari IMF yaitu sebesar 2.9% (International Monetary Fund, 2020). Tabel 4.32 merupakan proyeksi UMK untuk masing-masing alternatif lokasi pada tahun 2020-2024. Selanjutnya dilakukan perkalian antara kebutuhan tenaga kerja untuk masing-masing paket dengan UMK masing-masing lokasi. Dengan menggunakan data kebutuhan tenaga kerja masing-masing mesin yang didapatkan sebelumnya, kebutuhan tenaga kerja serta biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk masing-masing lokasi dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4. 32 Proyeksi UMK Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro (2020-2024)

Tahun	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
2020	Rp 4,190,133.19	Rp 2,008,504.16	Rp 2,016,780.00
2021	Rp 4,311,647.05	Rp 2,066,750.78	Rp 2,075,266.62
2022	Rp 4,436,684.82	Rp 2,126,686.55	Rp 2,135,449.35
2023	Rp 4,565,348.68	Rp 2,188,360.46	Rp 2,197,377.38
2024	Rp 4,697,743.79	Rp 2,251,822.92	Rp 2,261,101.33

Tabel 4. 33 Biaya Tenaga Kerja Selama Lima Tahun (2020-2024)

Paket	Tenaga Kerja	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
A	21	Rp 5,594,792,496.20	Rp 2,681,815,468.25	Rp 2,692,865,619.98
B	21	Rp 5,594,792,496.20	Rp 2,681,815,468.25	Rp 2,692,865,619.98
C	42	Rp 11,189,584,992.41	Rp 5,363,630,936.50	Rp 5,385,731,239.96
D	36	Rp 9,591,072,850.64	Rp 4,597,397,945.57	Rp 4,616,341,062.83
E	57	Rp 15,185,865,346.84	Rp 7,279,213,413.82	Rp 7,309,206,682.81

4.2.7 Kebutuhan Kendaraan dan Total Biaya Distribusi

Dalam menentukan kebutuhan kendaraan pengiriman untuk masing-masing paket dan lokasi, data permintaan yang telah disesuaikan sebelumnya akan dikalikan dengan persentase alokasi permintaan dari masing-masing depo. Setelah memperoleh permintaan pada masing-masing depo, maka akan dibandingkan dengan kapasitas kendaraan untuk mengetahui kebutuhan kendaraan, baik untuk produk jadi maupun material. Tabel 4.34 hingga Tabel 3.38 merupakan kebutuhan kendaraan untuk produk jadi, dan Tabel 3.39 merupakan kebutuhan kendaraan untuk material untuk setiap tahunnya.

Tabel 4. 34 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2020

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
1	HR Muhammad	185	185	54	3	167
2	Jemursari	426	426	73	6	367
3	Simo	106	106	26	0	159
4	Gresik	350	350	0	0	105
5	Baliwerti 2	13	13	2	0	12
6	Bojonegoro	157	157	0	0	73
7	Ngawi	67	67	0	0	35
8	Ponorogo	29	29	0	0	13
9	Tuban	195	195	1	0	66
10	Pacitan	8	8	0	0	1
11	Gedangan	771	771	20	11	275
12	Mojokerto	1049	1049	1	2	61
13	Kediri	146	146	0	2	112
14	Malang	186	186	20	2	295
15	Pandaan	100	100	5	0	113
16	Kepanjen	34	34	0	1	3
17	Tulungagung	12	12	1	1	15
18	Jember	36	36	10	0	86
19	Banyuwangi	58	58	3	0	55
20	Situbondo	5	5	0	0	16
21	Lumajang	13	13	0	0	8
22	Kraksaan	6	6	0	0	13
23	Bangkalan	44	44	1	0	58
24	Sumenep	38	38	6	0	43
25	Sampang	8	8	0	0	9
	TOTAL	4,042	4,042	223	28	2,159

Tabel 4. 35 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2021

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
1	HR Muhammad	201	201	54	4	161
2	Jemursari	461	461	73	6	354
3	Simo	114	114	26	0	153
4	Gresik	378	378	0	0	102
5	Baliwerti 2	14	14	2	0	11
6	Bojonegoro	170	170	0	0	71

Tabel 4. 35 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2021 (Lanjutan)

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
7	Ngawi	73	73	0	0	33
8	Ponorogo	32	32	0	0	12
9	Tuban	211	211	1	0	64
10	Pacitan	8	8	0	0	1
11	Gedangan	834	834	20	11	265
12	Mojokerto	1134	1134	1	2	59
13	Kediri	158	158	0	2	108
14	Malang	201	201	20	2	284
15	Pandaan	108	108	5	0	109
16	Kepanjen	36	36	0	1	3
17	Tulungagung	13	13	1	1	15
18	Jember	39	39	9	0	83
19	Banyuwangi	63	63	3	0	53
20	Situbondo	6	6	0	0	16
21	Lumajang	14	14	0	0	7
22	Kraksaan	6	6	0	0	12
23	Bangkalan	48	48	1	0	56
24	Sumenep	41	41	6	0	41
25	Sampang	8	8	0	0	9
	TOTAL	4,371	4,371	222	29	2,083

Tabel 4. 36 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2022

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
1	HR Muhammad	208	208	52	4	162
2	Jemursari	477	477	71	6	356
3	Simo	118	118	25	0	154
4	Gresik	392	392	0	0	102
5	Baliwerti 2	14	14	1	0	11
6	Bojonegoro	176	176	0	0	71
7	Ngawi	75	75	0	0	34
8	Ponorogo	33	33	0	0	12
9	Tuban	218	218	1	0	64
10	Pacitan	9	9	0	0	1
11	Gedangan	863	863	19	11	267
12	Mojokerto	1174	1174	1	2	59
13	Kediri	163	163	0	2	108

Tabel 4. 36 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2022 (Lanjutan)

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
14	Malang	208	208	20	2	286
15	Pandaan	112	112	5	0	110
16	Kepanjen	38	38	0	1	3
17	Tulungagung	13	13	1	1	15
18	Jember	41	41	9	0	83
19	Banyuwangi	65	65	3	0	54
20	Situbondo	6	6	0	0	16
21	Lumajang	15	15	0	0	7
22	Kraksaan	7	7	0	0	12
23	Bangkalan	49	49	1	0	56
24	Sumenep	43	43	6	0	41
25	Sampang	9	9	0	0	9
	TOTAL	4,526	4,526	215	30	2,094

Tabel 4. 37 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2023

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
1	HR Muhammad	208	208	49	4	162
2	Jemursari	478	478	67	6	356
3	Simo	118	118	24	0	154
4	Gresik	393	393	0	0	102
5	Baliwerti 2	14	14	1	0	11
6	Bojonegoro	176	176	0	0	71
7	Ngawi	75	75	0	0	34
8	Ponorogo	33	33	0	0	12
9	Tuban	219	219	1	0	64
10	Pacitan	9	9	0	0	1
11	Gedangan	865	865	18	11	267
12	Mojokerto	1177	1177	1	2	59
13	Kediri	163	163	0	2	108
14	Malang	209	209	19	2	286
15	Pandaan	112	112	4	0	110
16	Kepanjen	38	38	0	1	3
17	Tulungagung	14	14	1	1	15
18	Jember	41	41	9	0	83

Tabel 4. 37 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2023 (Lanjutan)

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
19	Banyuwangi	65	65	3	0	54
20	Situbondo	6	6	0	0	16
21	Lumajang	15	15	0	0	7
22	Kraksaan	7	7	0	0	12
23	Bangkalan	49	49	1	0	56
24	Sumenep	43	43	6	0	41
25	Sampang	9	9	0	0	9
	TOTAL	4,536	4,536	204	29	2,096

Tabel 4. 38 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Produk Jadi Tahun 2024

No	Depo	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
1	HR Muhammad	208	208	49	3	164
2	Jemursari	478	478	67	5	360
3	Simo	118	118	23	0	156
4	Gresik	393	393	0	0	103
5	Baliwerti 2	14	14	1	0	11
6	Bojonegoro	176	176	0	0	72
7	Ngawi	75	75	0	0	34
8	Ponorogo	33	33	0	0	12
9	Tuban	219	219	1	0	65
10	Pacitan	9	9	0	0	1
11	Gedangan	865	865	18	9	270
12	Mojokerto	1177	1177	1	2	60
13	Kediri	163	163	0	2	109
14	Malang	209	209	19	1	289
15	Pandaan	112	112	4	0	111
16	Kepanjen	38	38	0	1	3
17	Tulungagung	14	14	1	1	15
18	Jember	41	41	9	0	84
19	Banyuwangi	65	65	3	0	54
20	Situbondo	6	6	0	0	16
21	Lumajang	15	15	0	0	7
22	Kraksaan	7	7	0	0	12
23	Bangkalan	49	49	1	0	57
24	Sumenep	43	43	5	0	42
25	Sampang	9	9	0	0	9
	TOTAL	4,536	4,536	202	25	2,117

Tabel 4. 39 Kebutuhan Kendaraan Distribusi Material (2020-2024)

Tahun	Paket A	Paket B	Paket C	Paket D	Paket E
2020	749	749	29	4	276
2021	810	810	29	4	266
2022	839	838	28	4	267
2023	841	840	27	4	267
2024	841	840	27	3	270

Dengan mengetahui jumlah kendaraan yang dibutuhkan, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk total biaya distribusi dari masing-masing alternatif lokasi. Sebelumnya telah diperoleh data biaya distribusi untuk masing-masing lokasi pengiriman. Berdasarkan biaya distribusi tersebut, akan dihitung biaya distribusi pada tahun 2021-2024 dengan menggunakan kenaikan inflasi. Tabel 4.40 hingga Tabel 4.42 merupakan biaya pengiriman per kendaraan dari Pandaan, Kediri, dan Bojonegoro untuk tahun 2020-2024.

Tabel 4. 40 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Pandaan

NO	DEPO	2020	2021	2022	2023	2024
1	HR Muhammad	Rp 175,375	Rp 180,461	Rp 185,694	Rp 191,079	Rp 196,621
2	Jemursari	Rp 404,750	Rp 416,488	Rp 428,566	Rp 440,994	Rp 453,783
3	Simo	Rp 262,500	Rp 270,113	Rp 277,946	Rp 286,006	Rp 294,300
4	Gresik	Rp 372,250	Rp 383,045	Rp 394,154	Rp 405,584	Rp 417,346
5	Baliwerti 2	Rp 252,000	Rp 259,308	Rp 266,828	Rp 274,566	Rp 282,528
6	Bojonegoro	Rp 534,750	Rp 550,258	Rp 566,215	Rp 582,635	Rp 599,532
7	Ngawi	Rp 586,250	Rp 603,251	Rp 620,746	Rp 638,747	Rp 657,271
8	Ponorogo	Rp 846,500	Rp 871,049	Rp 896,309	Rp 922,302	Rp 949,049
9	Tuban	Rp 580,250	Rp 597,077	Rp 614,392	Rp 632,210	Rp 650,544
10	Pacitan	Rp 528,850	Rp 544,187	Rp 559,968	Rp 576,207	Rp 592,917
11	Gedangan	Rp 316,950	Rp 326,142	Rp 335,600	Rp 345,332	Rp 355,347
12	Mojokerto	Rp 411,250	Rp 423,176	Rp 435,448	Rp 448,076	Rp 461,071
13	Kediri	Rp 366,550	Rp 377,180	Rp 388,118	Rp 399,374	Rp 410,955
14	Malang	Rp 349,750	Rp 359,893	Rp 370,330	Rp 381,069	Rp 392,120
15	Pandaan	Rp 180,000	Rp 185,220	Rp 190,591	Rp 196,119	Rp 201,806
16	Kepanjen	Rp 272,250	Rp 280,145	Rp 288,269	Rp 296,629	Rp 305,232
17	Tulungagung	Rp 254,825	Rp 262,215	Rp 269,819	Rp 277,644	Rp 285,696
18	Jember	Rp 183,175	Rp 188,487	Rp 193,953	Rp 199,578	Rp 205,366
19	Banyuwangi	Rp 281,875	Rp 290,049	Rp 298,461	Rp 307,116	Rp 316,023
20	Situbondo	Rp 234,725	Rp 241,532	Rp 248,536	Rp 255,744	Rp 263,161

Tabel 4. 40 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Pandaan (Lanjutan)

NO	DEPO	2020	2021	2022	2023	2024
21	Lumajang	Rp 351,000	Rp 361,179	Rp 371,653	Rp 382,431	Rp 393,522
22	Kraksaan	Rp 213,100	Rp 219,280	Rp 225,639	Rp 232,183	Rp 238,916
23	Bangkalan	Rp 524,500	Rp 539,711	Rp 555,362	Rp 571,468	Rp 588,040
24	Sumenep	Rp 607,250	Rp 624,860	Rp 642,981	Rp 661,628	Rp 680,815
25	Sampang	Rp 185,000	Rp 190,365	Rp 195,886	Rp 201,566	Rp 207,412
26	Pabrik kediri	Rp 190,250	Rp 195,767	Rp 201,445	Rp 207,286	Rp 213,298
27	Pabrik bojonegoro	Rp 228,175	Rp 234,792	Rp 241,601	Rp 248,607	Rp 255,817

Tabel 4. 41 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Kediri

NO	DEPO	2020	2021	2022	2023	2024
1	HR Muhammad	Rp 247,875	Rp 255,063	Rp 262,460	Rp 270,072	Rp 277,904
2	Jemursari	Rp 438,125	Rp 450,831	Rp 463,905	Rp 477,358	Rp 491,201
3	Simo	Rp 278,225	Rp 286,294	Rp 294,596	Rp 303,139	Rp 311,930
4	Gresik	Rp 323,650	Rp 333,036	Rp 342,694	Rp 352,632	Rp 362,858
5	Baliwerti 2	Rp 277,350	Rp 285,393	Rp 293,670	Rp 302,186	Rp 310,949
6	Bojonegoro	Rp 217,250	Rp 223,550	Rp 230,033	Rp 236,704	Rp 243,569
7	Ngawi	Rp 236,725	Rp 243,590	Rp 250,654	Rp 257,923	Rp 265,403
8	Ponorogo	Rp 512,350	Rp 527,208	Rp 542,497	Rp 558,230	Rp 574,418
9	Tuban	Rp 271,200	Rp 279,065	Rp 287,158	Rp 295,485	Rp 304,054
10	Pacitan	Rp 330,000	Rp 339,570	Rp 349,418	Rp 359,551	Rp 369,978
11	Gedangan	Rp 361,025	Rp 371,495	Rp 382,268	Rp 393,354	Rp 404,761
12	Mojokerto	Rp 324,125	Rp 333,525	Rp 343,197	Rp 353,150	Rp 363,391
13	Kediri	Rp 123,625	Rp 127,210	Rp 130,899	Rp 134,695	Rp 138,601
14	Malang	Rp 355,900	Rp 366,221	Rp 376,842	Rp 387,770	Rp 399,015
15	Pandaan	Rp 204,600	Rp 210,533	Rp 216,639	Rp 222,921	Rp 229,386
16	Kepanjen	Rp 211,775	Rp 217,916	Rp 224,236	Rp 230,739	Rp 237,430
17	Tulungagung	Rp 167,700	Rp 172,563	Rp 177,568	Rp 182,717	Rp 188,016
18	Jember	Rp 253,900	Rp 261,263	Rp 268,840	Rp 276,636	Rp 284,659
19	Banyuwangi	Rp 336,200	Rp 345,950	Rp 355,982	Rp 366,306	Rp 376,929
20	Situbondo	Rp 244,975	Rp 252,079	Rp 259,390	Rp 266,912	Rp 274,652
21	Lumajang	Rp 419,675	Rp 431,846	Rp 444,369	Rp 457,256	Rp 470,516
22	Kraksaan	Rp 268,450	Rp 276,235	Rp 284,246	Rp 292,489	Rp 300,971
23	Bangkalan	Rp 440,450	Rp 453,223	Rp 466,367	Rp 479,891	Rp 493,808
24	Sumenep	Rp 418,650	Rp 430,791	Rp 443,284	Rp 456,139	Rp 469,367
25	Sampang	Rp 218,825	Rp 225,171	Rp 231,701	Rp 238,420	Rp 245,334

Tabel 4. 42 Biaya Pengiriman per Kendaraan dari Bojonegoro

NO	DEPO	2020	2021	2022	2023	2024
1	HR Muhammad	Rp 209,725	Rp 215,807	Rp 222,065	Rp 228,505	Rp 235,132
2	Jemursari	Rp 407,150	Rp 418,957	Rp 431,107	Rp 443,609	Rp 456,474
3	Simo	Rp 216,900	Rp 223,190	Rp 229,663	Rp 236,323	Rp 243,176
4	Gresik	Rp 198,450	Rp 204,205	Rp 210,127	Rp 216,221	Rp 222,491
5	Baliwerti 2	Rp 226,900	Rp 233,480	Rp 240,251	Rp 247,218	Rp 254,388
6	Bojonegoro	Rp 154,725	Rp 159,212	Rp 163,829	Rp 168,580	Rp 173,469
7	Ngawi	Rp 203,925	Rp 209,839	Rp 215,924	Rp 222,186	Rp 228,629
8	Ponorogo	Rp 587,525	Rp 604,563	Rp 622,096	Rp 640,136	Rp 658,700
9	Tuban	Rp 202,525	Rp 208,398	Rp 214,442	Rp 220,661	Rp 227,060
10	Pacitan	Rp 408,250	Rp 420,089	Rp 432,272	Rp 444,808	Rp 457,707
11	Gedangan	Rp 421,500	Rp 433,724	Rp 446,301	Rp 459,244	Rp 472,562
12	Mojokerto	Rp 363,075	Rp 373,604	Rp 384,439	Rp 395,587	Rp 407,059
13	Kediri	Rp 163,600	Rp 168,344	Rp 173,226	Rp 178,250	Rp 183,419
14	Malang	Rp 566,300	Rp 582,723	Rp 599,622	Rp 617,011	Rp 634,904
15	Pandaan	Rp 371,675	Rp 382,454	Rp 393,545	Rp 404,958	Rp 416,701
16	Kepanjen	Rp 287,625	Rp 295,966	Rp 304,549	Rp 313,381	Rp 322,469
17	Tulungagung	Rp 213,825	Rp 220,026	Rp 226,407	Rp 232,972	Rp 239,729
18	Jember	Rp 290,800	Rp 299,233	Rp 307,911	Rp 316,840	Rp 326,029
19	Banyuwangi	Rp 372,075	Rp 382,865	Rp 393,968	Rp 405,393	Rp 417,150
20	Situbondo	Rp 281,875	Rp 290,049	Rp 298,461	Rp 307,116	Rp 316,023
21	Lumajang	Rp 456,575	Rp 469,816	Rp 483,440	Rp 497,460	Rp 511,886
22	Kraksaan	Rp 304,325	Rp 313,150	Rp 322,232	Rp 331,577	Rp 341,192
23	Bangkalan	Rp 454,800	Rp 467,989	Rp 481,561	Rp 495,526	Rp 509,896
24	Sumenep	Rp 397,125	Rp 408,642	Rp 420,492	Rp 432,687	Rp 445,234
25	Sampang	Rp 254,700	Rp 262,086	Rp 269,687	Rp 277,508	Rp 285,555

Dengan mengetahui kebutuhan kendaraan biaya kirim per pengiriman dari masing-masing lokasi. Maka selanjutnya dilakukan perhitungan total biaya yang dibutuhkan untuk distribusi jika paket ditempatkan di masing-masing lokasi tersebut. Khusus pabrik Pandaan, biaya yang dihitung hanya biaya pengiriman produk jadi. Sedangkan untuk Kediri dan Bojonegoro, biaya yang dihitung merupakan biaya pengiriman produk jadi serta material. Tabel 4.43 merupakan biaya pengiriman untuk produk jadi yang dibutuhkan untuk masing-masing paket. Tabel 4.44 merupakan biaya pengiriman untuk material, dan Tabel 4.45 merupakan total biaya pengiriman yang dibutuhkan oleh masing-masing paket.

Tabel 4. 43 Biaya Pengiriman Produk Jadi

Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
A	Rp 8,864,351,607.08	Rp 7,545,877,467.83	Rp 7,909,428,289.90
B	Rp 8,864,349,568.53	Rp 7,545,875,732.49	Rp 7,909,426,470.95
C	Rp 348,758,182.82	Rp 383,696,017.58	Rp 387,328,690.54
D	Rp 48,450,779.81	Rp 48,720,462.47	Rp 53,871,144.20
E	Rp 3,102,376,311.77	Rp 2,865,129,620.22	Rp 3,119,769,122.10

Tabel 4. 44 Biaya Pengiriman Material

Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
A	Rp -	Rp 823,791,875.25	Rp 988,008,994.14
B	Rp -	Rp 823,169,846.66	Rp 987,262,968.52
C	Rp -	Rp 28,190,716.60	Rp 33,810,337.77
D	Rp -	Rp 3,818,885.65	Rp 4,580,153.66
E	Rp -	Rp 271,304,614.34	Rp 325,387,281.88

Tabel 4. 45 Total Biaya Pengiriman Produk Jadi dan Material

Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro
A	Rp 8,864,351,607.08	Rp 8,369,669,343.08	Rp 8,897,437,284.03
B	Rp 8,864,349,568.53	Rp 8,369,045,579.15	Rp 8,896,689,439.47
C	Rp 348,758,182.82	Rp 411,886,734.18	Rp 421,139,028.31
D	Rp 48,450,779.81	Rp 52,539,348.12	Rp 58,451,297.86
E	Rp 3,102,376,311.77	Rp 3,136,434,234.56	Rp 3,445,156,403.98

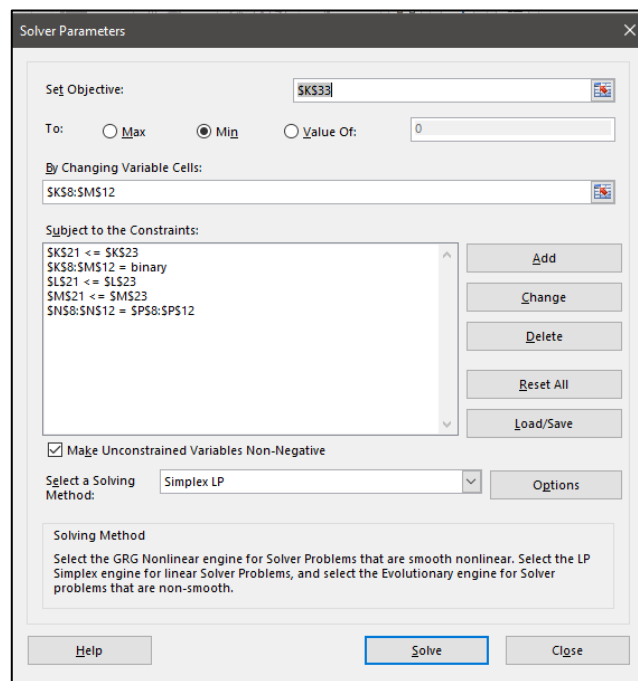
4.2.8 Keputusan Lokasi Mesin

Penentuan lokasi mesin dilakukan dengan menggunakan metode heuristik dan model ILP. Setelah melakukan seluruh pengolahan data, didapatkan data-data utama yang menjadi *input* metode heuristik dan model ILP, yaitu kebutuhan luas area, biaya pemindahan mesin, biaya tenaga kerja, dan biaya distribusi. Dalam metode heuristik, langkah awal yang perlu dilakukan yaitu melakukan inisiasi lokasi mesin. Perulangan perhitungan dilakukan sesuai jumlah kombinasi, yaitu 243. Setelah itu dipastikan apakah luas setiap pabrik cukup atau tidak, jika cukup maka dilanjutkan menghitung total biaya, jika tidak maka dilanjutkan pada kombinasi selanjutnya. Kombinasi dengan total biaya terkecil akan dipilih. Tabel 4.46 merupakan hasil penerapan metode heuristik untuk penentuan lokasi untuk seluruh kombinasi dimana baris yang berwarna hijau merupakan kombinasi lokasi dengan total biaya terkecil dan merupakan solusi terbaik.

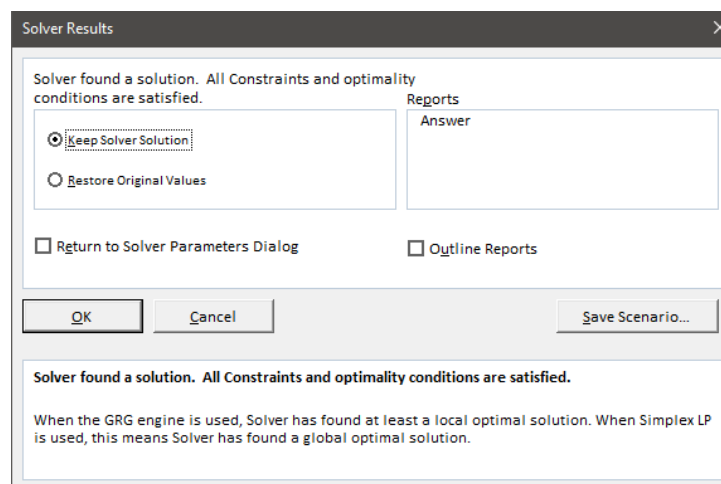
Tabel 4. 46 Hasil Metode Heuristik

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Kebutuhan Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
1	A;B;C;D;E	-	-	2911.44	0	0	Cukup	Rp 68,384,394,632.30
2	B;C;D;E	A	-	2288.88	622.56	0	Cukup	Rp 64,980,287,340.34
3	B;C;D;E	-	A	2288.88	0	622.56	Cukup	Rp 65,519,815,433.03
4	A;C;D;E	B	-	2288.88	622.56	0	Cukup	Rp 64,979,665,614.96
5	A;C;D;E	-	B	2288.88	0	622.56	Cukup	Rp 65,519,069,627.02
6	A;B;D;E	C	-	2500.36	411.08	0	Cukup	Rp 62,632,225,127.75
7	A;B;D;E	-	C	2500.36	0	411.08	Cukup	Rp 62,665,707,725.35
8	A;B;C;E	D	-	2627.52	283.92	0	Cukup	Rp 63,401,912,295.54
9	A;B;C;E	-	D	2627.52	0	283.92	Cukup	Rp 63,428,187,362.54
10	A;B;C;D	E	-	1940.12	971.32	0	Cukup	Rp 60,526,008,622.08
11	A;B;C;D	-	E	1940.12	0	971.32	Cukup	Rp 60,867,564,060.48
12	C;D;E	A;B	-	1666.32	1245.12	0	Cukup	Rp 61,575,558,323.00
13	C;D;E	A	B	1666.32	622.56	622.56	Cukup	Rp 62,114,962,335.06
14	C;D;E	B	A	1666.32	622.56	622.56	Cukup	Rp 62,115,086,415.70
15	C;D;E	-	A;B	1666.32	0	1245.12	Cukup	Rp 62,654,490,427.76
16	B;D;E	A;C	-	1877.8	1033.64	0	Cukup	Rp 59,228,117,835.79
17	B;D;E	A	C	1877.8	622.56	411.08	Cukup	Rp 59,261,600,433.39
18	B;D;E	C	A	1877.8	411.08	622.56	Cukup	Rp 59,767,645,928.49
...
212	-	A;B;C;D;E	-	0	2911.44	0	Cukup	Rp 42,982,520,471.47
...
243	-	-	A;B;C;D;E	0	0	2911.44	Cukup	Rp 44,462,765,679.22

Kemudian dilakukan percobaan untuk mencari solusi lokasi terbaik dengan menggunakan model matematika yang telah dijelaskan pada Bab III. Model matematika tersebut kemudian diterjemahkan pada *solver* pada *software* Excel yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Kemudian dilakukan proses validasi dengan menjalankan model tersebut, jika tidak terjadi *error* maka dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tidak terdapat *error* pada model yang digunakan.



Gambar 4. 2 Penyelesaian Masalah Dengan *Solver*



Gambar 4. 3 Validasi Model *Integer Linear Programming*

Setelah tidak terdapat *error* pada model, maka dapat dilanjutkan dengan melakukan *running model*. Hasil *running model* dapat dilihat pada Gambar 4.4. Kemudian dilakukan verifikasi untuk memastikan bahwa model telah sesuai dengan kondisi permasalahan dengan membandingkan hasil pada model ILP dengan perhitungan manual. Setelah dibandingkan, total biaya yang dibutuhkan sama, yaitu sebesar Rp 42,982,520,471.47, sehingga model ini dapat dikatakan lolos uji verifikasi.

	J	K	L	M	N	O	P
5							
6	Keputusan Lokasi						
7	Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro			
8	A	0	1	0	1	=	1
9	B	0	1	0	1	=	1
10	C	0	1	0	1	=	1
11	D	0	1	0	1	=	1
12	E	0	1	0	1	=	1
13							
14	Luas Area						
15	Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro			
16	A	0	622.56	0			
17	B	0	606.96	0			
18	C	0	411.08	0			
19	D	0	283.92	0			
20	E	0	971.32	0			
21	Total	0	2895.84	0			
22		<=	<=	<=			
23		5862	4779	4104			
24	Total Biaya						
25	Paket	Pandaan	Kediri	Bojonegoro			
26	A	Rp -	Rp 11,055,036,811.32	Rp -			
27	B	Rp -	Rp 11,054,413,047.40	Rp -			
28	C	Rp -	Rp 5,786,173,670.68	Rp -			
29	D	Rp -	Rp 4,657,041,293.69	Rp -			
30	E	Rp -	Rp 10,429,855,648.38	Rp -			
31	Total	Rp -	Rp 42,982,520,471.47	Rp -			
32							
33	Total Biaya	Rp 42,982,520,471.47					

Gambar 4. 4 Keputusan Lokasi Mesin Menggunakan Solver

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, penentuan keputusan lokasi mesin menggunakan metode heuristik dan model ILP memberikan hasil yang sama. Dimana keputusan terbaik yaitu memindahkan seluruh mesin ke pabrik Kediri, dengan total biaya yang dibutuhkan selama lima tahun yaitu sebesar Rp 42,982,520,471.47. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dengan kondisi eksisting, yaitu dimana seluruh mesin berada di Pandaan. Tabel 4.47 menampilkan perbandingan total biaya yang dibutuhkan selama lima tahun untuk masing-masing

paker mesin, antara kondisi eksisting dengan solusi yang ditawarkan. Berdasarkan perbandingan tersebut, diketahui bahwa dengan solusi yang ditawarkan maka didapatkan total *cost saving* selama lima tahun sebesar Rp 25,401,874,160.83.

Tabel 4. 47 Perbandingan Total Biaya Kondisi Awal dan Solusi

Paket	Pandaan	Kediri	<i>Cost Saving</i>
A	Rp 14,459,144,103.29	Rp 11,055,036,811.32	Rp 3,404,107,291.96
B	Rp 14,459,142,064.73	Rp 11,054,413,047.40	Rp 3,404,729,017.34
C	Rp 11,538,343,175.23	Rp 5,786,173,670.68	Rp 5,752,169,504.55
D	Rp 9,639,523,630.45	Rp 4,657,041,293.69	Rp 4,982,482,336.76
E	Rp 18,288,241,658.61	Rp 10,429,855,648.38	Rp 7,858,386,010.22
Total	Rp 68,384,394,632.30	Rp 42,982,520,471.47	Rp 25,401,874,160.83

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang telah dilakukan di bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan meliputi analisis kemampuan pemenuhan permintaan dan utilitas mesin, analisis dari solusi yang dihasilkan, dan analisis sensitivitas terhadap perubahan biaya.

5.1 Analisis Kemampuan Pemenuhan Permintaan dan Utilitas Mesin

Berdasarkan hasil perbandingan permintaan dengan kapasitas produksi tiap mesin pertahun, dapat diketahui bahwa terdapat mesin-mesin yang pemenuhan permintaannya berada di bawah 90%, bahkan sejak tahun pertama. Sebagai contoh yaitu mesin Blow BX 6 dan Filling Fillex yang termasuk pada paket E, pada Januari 2020 kemampuan pemenuhan permintaan masing-masing mesin sebesar 75.98% dan 65.07%. Pada Tabel 5.1 ditampilkan nilai minimum dan maksimum dari persentase pemenuhan masing-masing mesin. Selain itu pada Tabel 5.1 juga ditampilkan berapa kali mesin tersebut memiliki persentase pemenuhan di bawah 90% yang merupakan batas minimum *service level* perusahaan, dari total 60 periode.

Tabel 5. 1 Persentase Pemenuhan Permintaan Masing-Masing Mesin

Paket	Mesin	Persentase Pemenuhan Permintaan		Jumlah Periode (Pemenuhan < 90%)
		Minimum	Maksimum	
A	Ms. Cup Robotic 1	42%	100%	44
B	Ms. Cup Robotic 2	42%	100%	44
C	Blow BX 2	100%	100%	0
	Blow BX 4	100%	100%	0
	Filling RY 2	100%	100%	0
D	Blow BX 5	100%	100%	0
	Filling APM	100%	100%	0
E	Blow BX 6	49%	100%	56
	Filling Fillex	38%	100%	57
	Filling RY 4	62%	100%	40

Pada Tabel 5.1 diketahui bahwa terdapat lima mesin dengan persentase pemenuhan dibawah 90%, yaitu mesin cup 1 dan 2, serta mesin-mesin pada paket E. Jumlah periode dengan pemenuhan permintaan dibawah 90% untuk mesin-mesin tersebut juga terhitung tinggi, yaitu diatas 40 periode. Kondisi tersebut secara tidak langsung dapat merugikan perusahaan, yaitu dapat terjadi *lost sales* karena jumlah produk yang dapat diproduksi tidak dapat memenuhi seluruh permintaan yang ada. Pada mesin cup, permintaan yang tinggi menjadi penyebab utama rendahnya persentase pemenuhan permintaan. Sedangkan pada mesin BX 6, Fillex, dan RY 4, yang merupakan mesin paket E. Rendahnya *service level* disebabkan oleh kapasitas produksi BX 6 yang membatasi kapasitas produksi mesin Fillex dan RY 4. Walaupun mesin Fillex dan RY 4 masing-masing memiliki kapasitas produksi 90,000 box per bulan, namun mesin BX 6 yang memproduksi botol untuk mesin Fillex dan RY 4 hanya memiliki kapasitas produksi sebesar 99,975 box per bulan. Sehingga kapasitas produksi untuk Fillex dan RY 4 berubah mengikuti kapasitas produksi BX 6, yaitu masing-masing kapasitasnya sebesar 49,988 box dan 49,987 box. Tabel 5.2 menunjukkan perbandingan kapasitas produksi per bulan untuk masing-masing mesin sebelum dan sesudah dilakukan penyesuaian kapasitas dengan mesin yang saling berkaitan.

Tabel 5. 2 Perbandingan Kapasitas Produksi Sebelum dan Setelah Penyesuaian

Paket	Mesin	Kapasitas Produksi Sebelum Penyesuaian	Kapasitas Produksi Setelah Penyesuaian	Utilitas Maksimum
A	Ms. Cup Robotic 1	283,500 box	283,500 box	100%
B	Ms. Cup Robotic 2	283,500 box	283,500 box	100%
C	Blow BX 2	99,975 box	45,000 box	45%
	Blow BX 4	99,975 box	45,000 box	45%
	Filling RY 2	90,000 box	90,000 box	100%
D	Blow BX 5	99,975 box	90,000 box	90%
	Filling APM	90,000 box	90,000 box	100%
E	Blow BX 6	99,975 box	99,975 box	100%
	Filling Fillex	90,000 box	49,988 box	56%
	Filling RY 4	90,000 box	49,987 box	56%

Selain kapasitas produksi, utilitas masing-masing mesin juga perlu diperhatikan. Berdasarkan Tabel 5.2, mesin BX 2, BX 4, Fillex, dan RY 4 mengalami penyesuaian kapasitas produksi sehingga utilitas maksimumnya hanya sebesar 45% dan 56%. Hal tersebut disebabkan oleh kapasitas produksi mesin lain yang berkaitan, yaitu RY 2 dan BX 6. Selain disebabkan oleh kapasitas produksi mesin lain, utilitas mesin juga dipengaruhi oleh alokasi permintaan yang diberikan. Tabel 5.3 menunjukkan utilitas minimum dan maksimum masing-masing mesin selama tahun 2020-2024 dengan kondisi alokasi permintaan saat ini. Serta jumlah periode dimana utilitas mesin berada di bawah 80% dan 50% dari total 60 periode.

Tabel 5. 3 Utilitas Masing-Masing Mesin

Paket Mesin	Mesin	Utilitas Mesin		Jumlah Periode (Utilitas < 80%)	Jumlah Periode (Utilitas < 50%)
		Minimum	Maksimum		
A	Ms. Cup Robotic 1	65%	100%	3	0
B	Ms. Cup Robotic 2	65%	100%	3	0
C	Blow BX 2	7%	13%	60	60
	Blow BX 4	0%	0%	60	60
	Filling RY 2	7%	14%	60	60
D	Blow BX 5	1%	2%	60	60
	Filling APM	1%	2%	60	60
E	Blow BX 6	57%	100%	3	0
	Filling Fillex	44%	56%	60	1
	Filling RY 4	18%	56%	60	4

Pada Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa 7 dari 10 mesin memiliki utilitas dibawah 80% pada seluruh periode. Utilitas yang rendah pada mesin Fillex dan RY 4 disebabkan oleh kapasitas produksi BX 6 yang dapat dilihat pada Tabel 5.2. Sedangkan rendahnya utilitas pada mesin-mesin paket C dan D disebabkan oleh rendahnya permintaan yang dialokasikan untuk mesin-mesin tersebut. Khususnya untuk mesin BX 4 pada paket C yang memproduksi produk B namun tidak dialokasikan permintaan. Selain itu, untuk mesin-mesin yang mencapai utilitas 100% juga perlu diperhatikan, sebat pada penelitian ini digunakan asumsi bahwa seluruh produk yang dihasilkan pada kondisi baik. Sedangkan pada kondisi nyata,

menghasilkan produk *defect* sangat mungkin terjadi. Hal ini dapat berpengaruh pada kemampuan pemenuhan permintaan nantinya.

Solusi perbaikan yang dapat dilakukan terkait masalah *service level* dan utilitas mesin yaitu dengan menyesuaikan alokasi permintaan. Namun jika alokasi permintaan tetap, maka untuk meningkatkan *service level* perlu dilakukan penambahan mesin. Mesin yang perlu ditambahkan yaitu mesin cup dan mesin BX6. Melakukan penambahan mesin tentu akan meningkatkan biaya tenaga kerja yang dibutuhkan. Namun untuk produk AMDK yang merupakan produk fungsional dan memiliki banyak kompetitor, sangat penting untuk perusahaan memastikan produk selalu tersedia dan tidak terjadi *lost sale*. Kemudian untuk mesin-mesin dengan utilitas rendah yang disebabkan oleh rendahnya alokasi permintaan, maka dapat dilakukan penyesuaian *shift* kerja dan hari kerja. Tujuannya yaitu untuk menekan biaya tenaga kerja yang dibutuhkan. Dengan mengurangi shift kerja per hari, maka dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja.

5.2 Analisis Solusi yang Dihasilkan

Berdasarkan metode heuristik dan model ILP yang digunakan, diperoleh hasil yaitu seluruh paket mesin dipindahkan ke pabrik Kediri. Walaupun menghasilkan solusi dan total biaya yang sama, metode heuristik memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu dalam menemukan solusi optimum, dimana perlu dilakukan perhitungan untuk seluruh kombinasi yang ada. Jika dibandingkan, model ILP dapat memberikan solusi optimum dalam waktu yang lebih singkat, namun metode heuristik akan lebih mudah jika dikomunikasikan kepada *user* dan memberikan alternatif solusi. Solusi yang diperoleh menghasilkan total biaya yang dibutuhkan selama lima tahun sebesar Rp 42,982,520,471.47 Sebesar 52.59% dari biaya tersebut merupakan biaya tenaga kerja, 47.32% merupakan biaya distribusi, dan sisanya merupakan biaya pemindahan mesin. Dibandingkan dengan kondisi eksisting, solusi ini menghasilkan *cost saving* sebesar Rp 25,401,874,160.83. Tabel 5.4 menunjukkan *cost saving* dari masing-masing variabel biaya, yaitu biaya tenaga kerja, distribusi, dan pemindahan mesin.

Tabel 5. 4 *Cost Saving* Berdasarkan Variabel Biaya

Variabel Biaya	Pandaan	Kediri	<i>Cost Saving</i>
Tenaga Kerja	Rp 47,156,108,182.30	Rp 22,603,873,232.38	Rp 24,552,234,949.92
Distribusi	Rp 21,228,286,450.01	Rp 20,339,575,239.09	Rp 888,711,210.91
Pemindahan Mesin	Rp -	Rp 39,072,000.00	-Rp 39,072,000.00

Dapat dilihat pada Tabel 5.4 bahwa *cost saving* tertinggi terdapat pada biaya tenaga kerja. Dimana variabel biaya tenaga kerja menyumbang *cost saving* sebesar 96.7% dari total *cost saving*. Hal ini dikarenakan nilai UMK Kediri mendekati 50% dari nilai UMK di Pandaan. Selain itu, biaya distribusi dari Kediri juga lebih rendah jika dibandingkan dengan biaya distribusi dari Pandaan. Sehingga keputusan untuk memindahkan mesin ke Kediri merupakan keputusan yang menghasilkan *cost saving* terbesar. Namun perlu diperhatikan bahwa perusahaan perlu mempersiapkan palet di pabrik Kediri. *Cost saving* yang dihasilkan masih belum mengakomodasi biaya investasi untuk kebutuhan palet jika mesin nantinya dipindahkan.

Kemudian jika dilihat berdasarkan luas area yang dibutuhkan yaitu sebesar 2,895.84 m². Jika dibandingkan dengan luas pabrik Kediri saat ini yang sebesar 4,779 m², maka sisa luas area yang tersisa yaitu 1,883.16 m². Luas area yang dibutuhkan ini merupakan luas area dengan mengikuti ramalan permintaan, dimana masih terdapat mesin yang utilitasnya belum maksimal seperti yang dapat dilihat pada Tabel 5.3. Untuk dapat mengetahui apakah luas pabrik Kediri cukup jika mesin berada pada utilitas maksimumnya, maka dihitung kebutuhan luas pada kondisi utilitas mesin maksimum seperti pada Tabel 5.2 dan dibandingkan dengan luas pabrik Kediri saat ini. Tabel 5.5 menampilkan kebutuhan luas area pada utilitas maksimum untuk masing-masing mesin. Dapat dilihat bahwa total kebutuhan luas area yaitu sebesar 3,699.04 m². Kemudian jika dibandingkan dengan luas area Kediri yang saat ini seluas 4,779 m², masih terdapat sisa luas lahan sebesar 1,079.96 m². Sehingga pemindahan mesin ke Kediri tidak akan membatasi utilitas untuk masing-masing.

Tabel 5. 5 Total Luas Area yang Dibutuhkan dengan Utilitas Maksimum

Paket	Mesin	Utilitas Max	Kebutuhan Luas (m ²)			Total Luas (m ²)
			Area Mesin	Produk Jadi	Material	
A	Ms. Cup Robotic 1	100%	210	180.96	216	606.96
B	Ms. Cup Robotic 2	100%	210	180.96	216	606.96
C	Blow BX 2	45%	39	147	13.2	199.2
	Blow BX 4	45%	39	147	13.2	199.2
	Filling RY 2	100%	267	85.8	37.2	390
D	Blow BX 5	90%	39	294	38.4	371.4
	Filling APM	100%	231	85.8	37.2	354
E	Blow BX 6	100%	39	326.4	15.4	380.8
	Filling Fillex	56%	186	48.36	20.4	254.76
	Filling RY 4	56%	267	48.36	20.4	335.76
Total			1,527	1,544.64	643	3,699.04

5.3 Analisis Sensitivitas terhadap Perubahan Biaya

Solusi yang dihasilkan pada penelitian ini belum tentu sesuai dengan kondisi nyata. Pada penelitian ini digunakan nilai inflasi 2.9% pada seluruh lokasi untuk mengetahui kenaikan biaya tenaga kerja dan biaya distribusi setiap tahunnya. Sehingga perlu dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui pada perubahan nilai berapa, perubahan biaya dapat mengubah solusi yang dihasilkan. Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, pemindahan mesin ke Kediri akan menghasilkan total biaya tenaga kerja dan biaya distribusi terendah. Maka akan dilakukan perubahan kenaikan biaya setiap tahunnya untuk masing-masing biaya tenaga kerja dan biaya distribusi dengan mengubah inflasi di Kediri. Sedangkan Bojonegoro dan Pandaan diasumsikan memiliki tingkat inflasi tetap yaitu 2.9% per tahun.

Pertama, dilakukan perubahan kenaikan untuk biaya distribusi per tahun di Kediri. Pada kondisi awal, kenaikan biaya distribusi untuk setiap lokasi yaitu sebesar 2.9% per tahun. Dengan mengubah kenaikan biaya distribusi di Kediri, didapatkan hasil bahwa dengan kenaikan biaya distribusi di Kediri sebesar 6.9% per tahun, dan biaya distribusi di Pandaan dan Bojonegoro tetap 2.9% per tahun, dapat mengubah solusi yang dihasilkan. Dengan perubahan biaya distribusi di Kediri sebesar 4% per tahun, menghasilkan solusi terbaik yaitu untuk paket mesin

A dan B dipindahkan ke Bojonegoro, sedangkan paket C, D, dan E tetap dipindahkan ke Kediri. Kedua, dilakukan perubahan kenaikan untuk UMK per tahun di Kediri dengan kenaikan UMK per tahun di Pandaan dan Bojonegoro tetap 2.9%. Dengan hanya mengubah kenaikan UMK per tahun sebesar 0.3%, solusi yang dihasilkan dapat berubah. Dengan kenaikan UMK di Kediri sebesar 3.2% per tahun, diperoleh solusi terbaik yaitu paket mesin D dipindahkan ke Bojonegoro, sedangkan Paket A, B, C, dan E tetap dipindahkan Kediri. Terakhir dilakukan perubahan kenaikan untuk UMK dan biaya distribusi dengan persentase kenaikan yang sama. Berdasarkan perhitungan, dengan melakukan perubahan kenaikan sebesar 0.3% per tahun untuk UMK dan biaya distribusi, didapatkan solusi yang berbeda. Dengan kenaikan biaya sebesar 3.2% per tahun untuk UMK dan biaya distribusi, didapatkan solusi yaitu untuk paket C dan D dipindahkan ke Bojonegoro, sedangkan paker A, B, dan E tetap dipindahkan ke Kediri. Sehingga dapat dikatakan bahwa solusi yang dihasilkan sensitif terhadap perubahan biaya tenaga kerja. Tabel 5.6 menampilkan solusi yang dihasilkan sesuai dengan perubahan kenaikan biaya yang dilakukan.

Tabel 5. 6 Perubahan Solusi Terhadap Perubahan Kenaikan Biaya

Perubahan Kenaikan UMK per Tahun	Perubahan Kenaikan Biaya Distribusi per Tahun	Solusi
0%	4%	Paket A dan B di Bojonegoro. Paket C, D, dan E di Kediri
0.3%	0%	Paket D di Bojonegoro. Paket A, B, C, E di Kediri
0.3%	0.3%	Paket C dan D di Bojonegoro. Paket A, B, dan E di Kediri

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab VI akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan metode heuristik dan model *integer linear programming*, diperoleh keputusan yang sama terkait lokasi masing-masing mesin. Dari sepuluh mesin yang rencananya akan dipindahkan, yaitu Ms. Cup Robotic 1, Ms. Cup Robotic 2, BX 2, BX 4, RY 2, BX 5, APM, BX 6, Fillex, dan RY 4, solusi lokasi terbaik yaitu memindahkan seluruh mesin dari pabrik Pandaan ke Pabrik Kediri. Dimana luas pabrik Kediri masih cukup untuk menampung seluruh mesin tersebut.
2. Total biaya yang dibutuhkan selama tahun 2020-2021 pada kondisi eksisting, seluruh mesin berada di Pandaan, yaitu sebesar Rp 68,384,394,632.30. Sedangkan solusi yang diberikan, dimana seluruh mesin dipindahkan ke Kediri, menghasilkan total biaya yang dibutuhkan selama 2020-2024 sebesar Rp 42,982,520,471.47. *Cost saving* yang dihasilkan dari solusi tersebut yaitu sebesar Rp 25,401,874,160.83.
3. Perbandingan antara kapasitas produksi dengan alokasi permintaan yang diberikan menunjukkan bahwa terdapat permintaan yang memiliki *service level* di bawah 90%. Paket mesin yang memiliki *service level* dibawah 90% yaitu paket A dan paket B yang memproduksi produk cup, serta paket E yang memproduksi produk E, F, G, dan H. *Service level* untuk produk cup berada di bawah 90% pada tahun 2023, dikarenakan permintaan produk cup yang terus meningkat. Sedangkan untuk paket E, kapasitas produksi mesin Fillex dan mesin RY 4 dibatasi oleh kapasitas produksi mesin BX 6. Sehingga utilitas maksimum untuk

mesin Fillex dan RY 4 berada di angka 55.54%, dan hal tersebut menurunkan kapasitas produksi untuk produk-produk pada paket E.

4. Dengan alokasi permintaan saat ini, terdapat mesin-mesin yang utilitasnya sangat rendah. Paket mesin dengan utilitas sangat rendah yaitu mesin BX 2 yang memproduksi botol produk A, mesin BX 4 yang memproduksi botol produk B, mesin RY 2 yang memproduksi produk A dan B, serta mesin BX 5 dan APM yang memproduksi produk C dan D. Dengan alokasi permintaan yang diberikan, mesin BX 4 tidak akan melakukan proses produksi karena tidak terdapat permintaan untuk produk B.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa saran yang diberikan untuk perusahaan dan penelitian yang akan datang:

6.2.1 Saran untuk Perusahaan

1. Dengan kapasitas produksi saat ini, perusahaan perlu melakukan perbaikan alokasi permintaan pada masing-masing mesin untuk menghindari *over capacity* dan utilitas mesin yang rendah.
2. Jika alokasi permintaan tetap, maka perusahaan perlu menambah mesin cup dan BX 6 untuk meningkatkan *service level*.
3. Jika alokasi permintaan tetap, perlu dilakukan pengurangan *shift* dan hari kerja untuk mesin-mesin dengan alokasi permintaan yang rendah untuk mengurangi biaya tenaga kerja. Mesin-mesin tersebut yaitu mesin BX 2, BX 4, RY 2, BX 5, dan APM.

6.2.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

1. Diperlukan penelitian mengenai model yang dapat mengakomodasi kebutuhan penambahan mesin atau waktu lembur yang dibutuhkan untuk dapat meningkatkan *service level* perusahaan.
2. Diperlukan observasi lebih lanjut untuk dapat melakukan penyesuaian *shift* kerja masing-masing mesin, terutama untuk mesin-mesin dengan permintaan yang rendah.

3. Data permintaan yang digunakan sebaiknya data permintaan asli dari masing-masing lokasi, bukan berdasarkan alokasi permintaan untuk masing-masing depo.
4. Mempertimbangkan variabel biaya lain seperti biaya pengelolaan gudang, dan biaya investasi jika dibutuhkan perluasan area dan biaya penambahan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2017, November 14). *Persentase Rumah Tangga Menurut Provinsi dan Sumber Air Minum 2000-2016*. Retrieved from Badan Pusat Statistik: <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/10/1361/persentase-rumah-tangga-menurut-provinsi-dan-sumber-air-minum-2000-2016.html>
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistics/Supply Chain Management: Planning, Organizing and Controlling the Supply chain*. New Jersey: Pearson/Prentice Hall Inc.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management*. Amerika Serikat: Pearson.
- Fisher, M. L. (1997). What Is the Right Supply Chain for Your Product? *Harvard Business Review*, March-April, 105-116.
- Gubernur Jawa Timur. (2014). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2014 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2015*.
- Gubernur Jawa Timur. (2015). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 68 Tahun 2015 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur Tahun 2016*.
- Gubernur Jawa Timur. (2016). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 121 Tahun 2016 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur tahun 2017*.
- Gubernur Jawa Timur. (2018). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 1 Tahun 2018 tentang Upah Minimum Sektoral Kabupaten/Kota di Jawa Timur tahun 2018*.
- Gubernur Jawa Timur. (2019). *Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/54/KPTS/013/2019 tentang Perubahan Kedua atas Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/666/KPTS/013/2018 tentang Upah Minimum Sektoral Kabupaten/Kota di Jawa Timur tahun 2019*.
- Gubernur Jawa Timur. (2019). *Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 188/568/KPTS/013/2019 tentang Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur tahun 2020*.
- Hayami, R. (2013). *Penerapan Metode Rating Factor dan Heuristic Ardalan pada Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi SPBU Baru*. Pekanbaru: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

- International Monetary Fund. (2020, Juli 14). *Inflation Rate, Average Consumer Prices*. Retrieved from International Monetary Fund: <https://www.imf.org/external/datamapper/PCPIPCH@WEO/IDN>
- Klose, A., & Drexl, A. (2005). Facility Location Models for Distribution System Design. *European Journal of Operational Research* 162, 4-29.
- Liao, K., & Guo, D. (2008). A Clustering-Based Approach to the Capacitated Facility Location Problem. *Transactions in GIS*, vol. 12, 323–339.
- Moreno, J., Rodriguez, C., & Jimenez, N. (1991). Heuristic Cluster Algorithm for Multiple Facility Location-Allocation Problem. *Operations Research*. Vol 25, 97-107.
- Muriel, A., & Simchi-Levi, D. (2003). *Supply Chain Design and Planning - Applications of Optimization Techniques for Strategic and Tactical Models*. Elsevier.
- Pandit, V. (2004). *Local Search Heuristics for Facility Location Problems*. New Delhi: Indian Institut of Technology Delhi.
- Pujawan, I., & Er, M. (2017). *Supply Chain Management*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Rainwater, C., Geunes, J., & Romeijn, H. (2012). A Facility Neighborhood Search Heuristic for Capacitated Facility Location with Single Source Constraints and Flexible Demand. *J heuristics, Springer Science+Business Media*, 297-315.
- Rini, A. S. (2019, Juli 11). *Penjualan Air Minum Dalam Kemasan Diproyeksikan Tumbuh 2 Digit*. Retrieved from Bisnis.com: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190711/257/1123115/penjualan-air-minum-dalam-kemasan-diproyeksikan-tumbuh-2-digit>
- Setiyowati, E. T. (2008). Penentuan Lokasi Gudang Penyangga Regional PT. Petrokimia Gresik yang Optimal untuk Pendistribusian Pupuk di Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, A-19-1 - A-19-6.
- Sutanto, G. R., Kim, S., Kim, D., & Sutanto, H. (2018). A Heuristic Approach to Handle Capacitated Facility Location Problem Evaluated Using Clustering Internal Evaluation. *Materials Science and Engineering* 332.

- Tayal, K. (2003). *Dynamic Facility Location-Relocation Problem*. Bethlehem: Lehigh University.
- Waters, D. (2003). *Logistics an Introduction to Supply Chain Management*. New York: Palgrave Macmillan.
- Wijaya, L. D. (2018, Maret 16). *Temuan Mikroplastik di Air Minum Kemasan, 2.000 Merek Terdampak*. Retrieved from Tempo.co: <https://bisnis.tempo.co/read/1070362/temuan-mikroplastik-di-air-minum-kemasan-2-000-merek-terdampak/full&view=ok>

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 1-23)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
1	A;B;C;D;E	-	-	2911.44	0	0	Cukup	Rp 68,384,394,632.30
2	B;C;D;E	A	-	2288.88	622.56	0	Cukup	Rp 64,980,287,340.34
3	B;C;D;E	-	A	2288.88	0	622.56	Cukup	Rp 65,519,815,433.03
4	A;C;D;E	B	-	2288.88	622.56	0	Cukup	Rp 64,979,665,614.96
5	A;C;D;E	-	B	2288.88	0	622.56	Cukup	Rp 65,519,069,627.02
6	A;B;D;E	C	-	2500.36	411.08	0	Cukup	Rp 62,632,225,127.75
7	A;B;D;E	-	C	2500.36	0	411.08	Cukup	Rp 62,665,707,725.35
8	A;B;C;E	D	-	2627.52	283.92	0	Cukup	Rp 63,401,912,295.54
9	A;B;C;E	-	D	2627.52	0	283.92	Cukup	Rp 63,428,187,362.54
10	A;B;C;D	E	-	1940.12	971.32	0	Cukup	Rp 60,526,008,622.08
11	A;B;C;D	-	E	1940.12	0	971.32	Cukup	Rp 60,867,564,060.48
12	C;D;E	A;B	-	1666.32	1245.12	0	Cukup	Rp 61,575,558,323.00
13	C;D;E	A	B	1666.32	622.56	622.56	Cukup	Rp 62,114,962,335.06
14	C;D;E	B	A	1666.32	622.56	622.56	Cukup	Rp 62,115,086,415.70
15	C;D;E	-	A;B	1666.32	0	1245.12	Cukup	Rp 62,654,490,427.76
16	B;D;E	A;C	-	1877.8	1033.64	0	Cukup	Rp 59,228,117,835.79
17	B;D;E	A	C	1877.8	622.56	411.08	Cukup	Rp 59,261,600,433.39
18	B;D;E	C	A	1877.8	411.08	622.56	Cukup	Rp 59,767,645,928.49
19	B;D;E	-	A;C	1877.8	0	1033.64	Cukup	Rp 59,801,128,526.08
20	B;C;E	A;D	-	2004.96	906.48	0	Cukup	Rp 59,997,805,003.58

Lampiran 2 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 21-42)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
21	B;C;E	A	D	2004.96	622.56	283.92	Cukup	Rp 60,024,080,070.58
22	B;C;E	D	A	2004.96	283.92	622.56	Cukup	Rp 60,537,333,096.27
23	B;C;E	-	A;D	2004.96	0	906.48	Cukup	Rp 60,563,608,163.27
24	B;C;D	A;E	-	1317.56	1593.88	0	Cukup	Rp 57,121,901,330.11
25	B;C;D	A	E	1317.56	622.56	971.32	Cukup	Rp 57,463,456,768.52
26	B;C;D	E	A	1317.56	971.32	622.56	Cukup	Rp 57,661,429,422.81
27	B;C;D	-	A;E	1317.56	0	1593.88	Cukup	Rp 58,002,984,861.21
28	A;D;E	B;C	-	1877.8	1033.64	0	Cukup	Rp 59,227,496,110.42
29	A;D;E	B	C	1877.8	622.56	411.08	Cukup	Rp 59,260,978,708.01
30	A;D;E	C	B	1877.8	411.08	622.56	Cukup	Rp 59,766,900,122.48
31	A;D;E	-	B;C	1877.8	0	1033.64	Cukup	Rp 59,800,382,720.07
32	A;C;E	B;D	-	2004.96	906.48	0	Cukup	Rp 59,997,183,278.21
33	A;C;E	B	D	2004.96	622.56	283.92	Cukup	Rp 60,023,458,345.20
34	A;C;E	D	B	2004.96	283.92	622.56	Cukup	Rp 60,536,587,290.27
35	A;C;E	-	B;D	2004.96	0	906.48	Cukup	Rp 60,562,862,357.26
36	A;C;D	B;E	-	1317.56	1593.88	0	Cukup	Rp 57,121,279,604.74
37	A;C;D	B	E	1317.56	622.56	971.32	Cukup	Rp 57,462,835,043.14
38	A;C;D	E	B	1317.56	971.32	622.56	Cukup	Rp 57,660,683,616.80
39	A;C;D	-	B;E	1317.56	0	1593.88	Cukup	Rp 58,002,239,055.20
40	A;B;E	C;D	-	2216.44	695	0	Cukup	Rp 57,649,742,791.00
41	A;B;E	C	D	2216.44	411.08	283.92	Cukup	Rp 57,676,017,857.99
42	A;B;E	D	C	2216.44	283.92	411.08	Cukup	Rp 57,683,225,388.59

Lampiran 3 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 43-64)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
43	A;B;E	-	C;D	2216.44	0	695	Cukup	Rp 57,709,500,455.59
44	A;B;D	C;E	-	1529.04	1382.4	0	Cukup	Rp 54,773,839,117.53
45	A;B;D	C	E	1529.04	411.08	971.32	Cukup	Rp 55,115,394,555.93
46	A;B;D	E	C	1529.04	971.32	411.08	Cukup	Rp 54,807,321,715.13
47	A;B;D	-	C;E	1529.04	0	1382.4	Cukup	Rp 55,148,877,153.53
48	A;B;C	D;E	-	1656.2	1255.24	0	Cukup	Rp 55,543,526,285.32
49	A;B;C	D	E	1656.2	283.92	971.32	Cukup	Rp 55,885,081,723.72
50	A;B;C	E	D	1656.2	971.32	283.92	Cukup	Rp 55,569,801,352.31
51	A;B;C	-	D;E	1656.2	0	1255.24	Cukup	Rp 55,911,356,790.72
52	D;E	A;B;C	-	1255.24	1656.2	0	Cukup	Rp 55,823,388,818.46
53	D;E	B;C	A	1255.24	1033.64	622.56	Cukup	Rp 56,362,916,911.15
54	D;E	A;C	B	1255.24	1033.64	622.56	Cukup	Rp 56,362,792,830.52
55	D;E	A;B	C	1255.24	1245.12	411.08	Cukup	Rp 55,856,871,416.05
56	D;E	A	B;C	1255.24	622.56	1033.64	Cukup	Rp 56,396,275,428.11
57	D;E	B	A;C	1255.24	622.56	1033.64	Cukup	Rp 56,396,399,508.74
58	D;E	C	A;B	1255.24	411.08	1245.12	Cukup	Rp 56,902,320,923.21
59	D;E	-	A;B;C	1255.24	0	1656.2	Cukup	Rp 56,935,803,520.80
60	C;E	A;B;D	-	1382.4	1529.04	0	Cukup	Rp 56,593,075,986.24
61	C;E	B;D	A	1382.4	906.48	622.56	Cukup	Rp 57,132,604,078.94
62	C;E	A;D	B	1382.4	906.48	622.56	Cukup	Rp 57,132,479,998.30
63	C;E	A;B	D	1382.4	1245.12	283.92	Cukup	Rp 56,619,351,053.24
64	C;E	A	B;D	1382.4	622.56	906.48	Cukup	Rp 57,158,755,065.30

Lampiran 4 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 65-86)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
65	C;E	B	A;D	1382.4	622.56	906.48	Cukup	Rp 57,158,879,145.93
66	C;E	D	A;B	1382.4	283.92	1245.12	Cukup	Rp 57,672,008,091.00
67	C;E	-	A;B;D	1382.4	0	1529.04	Cukup	Rp 57,698,283,157.99
68	C;D	A;B;E	-	695	2216.44	0	Cukup	Rp 53,717,172,312.78
69	C;D	B;E	A	695	1593.88	622.56	Cukup	Rp 54,256,700,405.47
70	C;D	A;E	B	695	1593.88	622.56	Cukup	Rp 54,256,576,324.84
71	C;D	A;B	E	695	1245.12	971.32	Cukup	Rp 54,058,727,751.18
72	C;D	A	B;E	695	622.56	1593.88	Cukup	Rp 54,598,131,763.24
73	C;D	B	A;E	695	622.56	1593.88	Cukup	Rp 54,598,255,843.87
74	C;D	E	A;B	695	971.32	1245.12	Cukup	Rp 54,796,104,417.53
75	C;D	-	A;B;E	695	0	2216.44	Cukup	Rp 55,137,659,855.93
76	B;E	A;C;D	-	1593.88	1317.56	0	Cukup	Rp 54,245,635,499.03
77	B;E	C;D	A	1593.88	695	622.56	Cukup	Rp 54,785,163,591.73
78	B;E	A;D	C	1593.88	906.48	411.08	Cukup	Rp 54,279,118,096.63
79	B;E	A;C	D	1593.88	1033.64	283.92	Cukup	Rp 54,271,910,566.03
80	B;E	A	C;D	1593.88	622.56	695	Cukup	Rp 54,305,393,163.63
81	B;E	C	A;D	1593.88	411.08	906.48	Cukup	Rp 54,811,438,658.72
82	B;E	D	A;C	1593.88	283.92	1033.64	Cukup	Rp 54,818,646,189.32
83	B;E	-	A;C;D	1593.88	0	1317.56	Cukup	Rp 54,844,921,256.32
84	B;D	A;C;E	-	906.48	2004.96	0	Cukup	Rp 51,369,731,825.57
85	B;D	C;E	A	906.48	1382.4	622.56	Cukup	Rp 51,909,259,918.26
86	B;D	A;E	C	906.48	1593.88	411.08	Cukup	Rp 51,403,214,423.16

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 87-108)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
87	B;D	A;C	E	906.48	1033.64	971.32	Cukup	Rp 51,711,287,263.97
88	B;D	A	C;E	906.48	622.56	1382.4	Cukup	Rp 51,744,769,861.57
89	B;D	C	A;E	906.48	411.08	1593.88	Cukup	Rp 52,250,815,356.66
90	B;D	E	A;C	906.48	971.32	1033.64	Cukup	Rp 51,942,742,515.86
91	B;D	-	A;C;E	906.48	0	2004.96	Cukup	Rp 52,284,297,954.26
92	B;C	A;D;E	-	1033.64	1877.8	0	Cukup	Rp 52,139,418,993.36
93	B;C	D;E	A	1033.64	1255.24	622.56	Cukup	Rp 52,678,947,086.05
94	B;C	A;E	D	1033.64	1593.88	283.92	Cukup	Rp 52,165,694,060.35
95	B;C	A;D	E	1033.64	906.48	971.32	Cukup	Rp 52,480,974,431.76
96	B;C	A	D;E	1033.64	622.56	1255.24	Cukup	Rp 52,507,249,498.76
97	B;C	D	A;E	1033.64	283.92	1593.88	Cukup	Rp 53,020,502,524.45
98	B;C	E	A;D	1033.64	971.32	906.48	Cukup	Rp 52,705,222,153.05
99	B;C	-	A;D;E	1033.64	0	1877.8	Cukup	Rp 53,046,777,591.45
100	A;E	B;C;D	-	1593.88	1317.56	0	Cukup	Rp 54,245,013,773.66
101	A;E	C;D	B	1593.88	695	622.56	Cukup	Rp 54,784,417,785.72
102	A;E	B;D	C	1593.88	906.48	411.08	Cukup	Rp 54,278,496,371.25
103	A;E	B;C	D	1593.88	1033.64	283.92	Cukup	Rp 54,271,288,840.66
104	A;E	B	C;D	1593.88	622.56	695	Cukup	Rp 54,304,771,438.25
105	A;E	C	B;D	1593.88	411.08	906.48	Cukup	Rp 54,810,692,852.72
106	A;E	D	B;C	1593.88	283.92	1033.64	Cukup	Rp 54,817,900,383.31
107	A;E	-	B;C;D	1593.88	0	1317.56	Cukup	Rp 54,844,175,450.31
108	A;D	B;C;E	-	906.48	2004.96	0	Cukup	Rp 51,369,110,100.19

Lampiran 6 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 109-130)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
109	A;D	C;E	B	906.48	1382.4	622.56	Cukup	Rp 51,908,514,112.25
110	A;D	B;E	C	906.48	1593.88	411.08	Cukup	Rp 51,402,592,697.79
111	A;D	B;C	E	906.48	1033.64	971.32	Cukup	Rp 51,710,665,538.60
112	A;D	B	C;E	906.48	622.56	1382.4	Cukup	Rp 51,744,148,136.19
113	A;D	C	B;E	906.48	411.08	1593.88	Cukup	Rp 52,250,069,550.66
114	A;D	E	B;C	906.48	971.32	1033.64	Cukup	Rp 51,941,996,709.85
115	A;D	-	B;C;E	906.48	0	2004.96	Cukup	Rp 52,283,552,148.25
116	A;C	B;D;E	-	1033.64	1877.8	0	Cukup	Rp 52,138,797,267.98
117	A;C	D;E	B	1033.64	1255.24	622.56	Cukup	Rp 52,678,201,280.04
118	A;C	B;E	D	1033.64	1593.88	283.92	Cukup	Rp 52,165,072,334.98
119	A;C	B;D	E	1033.64	906.48	971.32	Cukup	Rp 52,480,352,706.38
120	A;C	B	D;E	1033.64	622.56	1255.24	Cukup	Rp 52,506,627,773.38
121	A;C	D	B;E	1033.64	283.92	1593.88	Cukup	Rp 53,019,756,718.44
122	A;C	E	B;D	1033.64	971.32	906.48	Cukup	Rp 52,704,476,347.04
123	A;C	-	B;D;E	1033.64	0	1877.8	Cukup	Rp 53,046,031,785.44
124	A;B	C;D;E	-	1245.12	1666.32	0	Cukup	Rp 49,791,356,780.77
125	A;B	D;E	C	1245.12	1255.24	411.08	Cukup	Rp 49,824,839,378.37
126	A;B	C;E	D	1245.12	1382.4	283.92	Cukup	Rp 49,817,631,847.77
127	A;B	C;D	E	1245.12	695	971.32	Cukup	Rp 50,132,912,219.17
128	A;B	C	D;E	1245.12	411.08	1255.24	Cukup	Rp 50,159,187,286.17
129	A;B	D	C;E	1245.12	283.92	1382.4	Cukup	Rp 50,166,394,816.77
130	A;B	E	C;D	1245.12	971.32	695	Cukup	Rp 49,851,114,445.36

Lampiran 7 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 131-152)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
131	A;B	-	C;D;E	1245.12	0	1666.32	Cukup	Rp 50,192,669,883.77
132	E	A;B;C;D	-	971.32	1940.12	0	Cukup	Rp 50,840,906,481.70
133	E	B;C;D	A	971.32	1317.56	622.56	Cukup	Rp 51,380,434,574.39
134	E	A;C;D	B	971.32	1317.56	622.56	Cukup	Rp 51,380,310,493.76
135	E	A;B;D	C	971.32	1529.04	411.08	Cukup	Rp 50,874,389,079.29
136	E	A;B;C	D	971.32	1656.2	283.92	Cukup	Rp 50,867,181,548.69
137	E	C;D	A;B	971.32	695	1245.12	Cukup	Rp 51,919,838,586.45
138	E	B;D	A;C	971.32	906.48	1033.64	Cukup	Rp 51,413,917,171.98
139	E	B;C	A;D	971.32	1033.64	906.48	Cukup	Rp 51,406,709,641.39
140	E	A;D	B;C	971.32	906.48	1033.64	Cukup	Rp 51,413,793,091.35
141	E	A;C	B;D	971.32	1033.64	906.48	Cukup	Rp 51,406,585,560.75
142	E	A;B	C;D	971.32	1245.12	695	Cukup	Rp 50,900,664,146.29
143	E	A	B;C;D	971.32	622.56	1317.56	Cukup	Rp 51,440,068,158.35
144	E	B	A;C;D	971.32	622.56	1317.56	Cukup	Rp 51,440,192,238.98
145	E	C	A;B;D	971.32	411.08	1529.04	Cukup	Rp 51,946,113,653.45
146	E	D	A;B;C	971.32	283.92	1656.2	Cukup	Rp 51,953,321,184.05
147	E	-	A;B;C;D	971.32	0	1940.12	Cukup	Rp 51,979,596,251.04
148	D	A;B;C;E	-	283.92	2627.52	0	Cukup	Rp 47,965,002,808.23
149	D	B;C;E	A	283.92	2004.96	622.56	Cukup	Rp 48,504,530,900.92
150	D	A;C;E	B	283.92	2004.96	622.56	Cukup	Rp 48,504,406,820.29
151	D	A;B;E	C	283.92	2216.44	411.08	Cukup	Rp 47,998,485,405.83
152	D	A;B;C	E	283.92	1656.2	971.32	Cukup	Rp 48,306,558,246.64

Lampiran 8 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 153-174)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
153	D	C;E	A;B	283.92	1382.4	1245.12	Cukup	Rp 49,043,934,912.98
154	D	B;E	A;C	283.92	1593.88	1033.64	Cukup	Rp 48,538,013,498.52
155	D	B;C	A;E	283.92	1033.64	1593.88	Cukup	Rp 48,846,086,339.33
156	D	A;E	B;C	283.92	1593.88	1033.64	Cukup	Rp 48,537,889,417.89
157	D	A;C	B;E	283.92	1033.64	1593.88	Cukup	Rp 48,845,962,258.70
158	D	A;B	C;E	283.92	1245.12	1382.4	Cukup	Rp 48,340,040,844.23
159	D	A	B;C;E	283.92	622.56	2004.96	Cukup	Rp 48,879,444,856.29
160	D	B	A;C;E	283.92	622.56	2004.96	Cukup	Rp 48,879,568,936.92
161	D	C	A;B;E	283.92	411.08	2216.44	Cukup	Rp 49,385,490,351.39
162	D	E	A;B;C	283.92	971.32	1656.2	Cukup	Rp 49,077,417,510.58
163	D	-	A;B;C;E	283.92	0	2627.52	Cukup	Rp 49,418,972,948.98
164	C	A;B;D;E	-	411.08	2500.36	0	Cukup	Rp 48,734,689,976.02
165	C	B;D;E	A	411.08	1877.8	622.56	Cukup	Rp 49,274,218,068.71
166	C	A;D;E	B	411.08	1877.8	622.56	Cukup	Rp 49,274,093,988.08
167	C	A;B;E	D	411.08	2216.44	283.92	Cukup	Rp 48,760,965,043.02
168	C	A;B;D	E	411.08	1529.04	971.32	Cukup	Rp 49,076,245,414.42
169	C	D;E	A;B	411.08	1255.24	1245.12	Cukup	Rp 49,813,622,080.77
170	C	B;E	A;D	411.08	1593.88	906.48	Cukup	Rp 49,300,493,135.71
171	C	B;D	A;E	411.08	906.48	1593.88	Cukup	Rp 49,615,773,507.12
172	C	A;E	B;D	411.08	1593.88	906.48	Cukup	Rp 49,300,369,055.08
173	C	A;D	B;E	411.08	906.48	1593.88	Cukup	Rp 49,615,649,426.48
174	C	A;B	D;E	411.08	1245.12	1255.24	Cukup	Rp 49,102,520,481.42

Lampiran 9 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 175-196)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
175	C	A	B;D;E	411.08	622.56	1877.8	Cukup	Rp 49,641,924,493.48
176	C	B	A;D;E	411.08	622.56	1877.8	Cukup	Rp 49,642,048,574.11
177	C	D	A;B;E	411.08	283.92	2216.44	Cukup	Rp 50,155,177,519.18
178	C	E	A;B;D	411.08	971.32	1529.04	Cukup	Rp 49,839,897,147.77
179	C	-	A;B;D;E	411.08	0	2500.36	Cukup	Rp 50,181,452,586.17
180	B	A;C;D;E	-	622.56	2288.88	0	Cukup	Rp 46,387,249,488.81
181	B	C;D;E	A	622.56	1666.32	622.56	Cukup	Rp 46,926,777,581.50
182	B	A;D;E	C	622.56	1877.8	411.08	Cukup	Rp 46,420,732,086.40
183	B	A;C;E	D	622.56	2004.96	283.92	Cukup	Rp 46,413,524,555.81
184	B	A;C;D	E	622.56	1317.56	971.32	Cukup	Rp 46,728,804,927.21
185	B	D;E	A;C	622.56	1255.24	1033.64	Cukup	Rp 46,960,260,179.10
186	B	C;E	A;D	622.56	1382.4	906.48	Cukup	Rp 46,953,052,648.50
187	B	C;D	A;E	622.56	695	1593.88	Cukup	Rp 47,268,333,019.91
188	B	A;E	C;D	622.56	1593.88	695	Cukup	Rp 46,447,007,153.40
189	B	A;D	C;E	622.56	906.48	1382.4	Cukup	Rp 46,762,287,524.81
190	B	A;C	D;E	622.56	1033.64	1255.24	Cukup	Rp 46,755,079,994.21
191	B	A	C;D;E	622.56	622.56	1666.32	Cukup	Rp 46,788,562,591.81
192	B	C	A;D;E	622.56	411.08	1877.8	Cukup	Rp 47,301,815,617.50
193	B	D	A;C;E	622.56	283.92	2004.96	Cukup	Rp 47,301,815,617.50
194	B	E	A;C;D	622.56	971.32	1317.56	Cukup	Rp 46,986,535,246.09
195	B	-	A;C;D;E	622.56	0	2288.88	Cukup	Rp 47,328,090,684.50
196	A	B;C;D;E	-	622.56	2288.88	0	Cukup	Rp 46,386,627,763.43

Lampiran 10 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 197-218)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
197	A	C;D;E	B	622.56	1666.32	622.56	Cukup	Rp 46,926,031,775.49
198	A	B;D;E	C	622.56	1877.8	411.08	Cukup	Rp 46,420,110,361.03
199	A	B;C;E	D	622.56	2004.96	283.92	Cukup	Rp 46,412,902,830.43
200	A	B;C;D	E	622.56	1317.56	971.32	Cukup	Rp 46,728,183,201.84
201	A	D;E	B;C	622.56	1255.24	1033.64	Cukup	Rp 46,959,514,373.09
202	A	C;E	B;D	622.56	1382.4	906.48	Cukup	Rp 46,952,306,842.49
203	A	C;D	B;E	622.56	695	1593.88	Cukup	Rp 47,267,587,213.90
204	A	B;E	C;D	622.56	1593.88	695	Cukup	Rp 46,446,385,428.03
205	A	B;D	C;E	622.56	906.48	1382.4	Cukup	Rp 46,761,665,799.43
206	A	B;C	D;E	622.56	1033.64	1255.24	Cukup	Rp 46,754,458,268.84
207	A	B	C;D;E	622.56	622.56	1666.32	Cukup	Rp 46,787,940,866.43
208	A	C	B;D;E	622.56	411.08	1877.8	Cukup	Rp 47,293,862,280.90
209	A	D	B;C;E	622.56	283.92	2004.96	Cukup	Rp 47,301,069,811.49
210	A	E	B;C;D	622.56	971.32	1317.56	Cukup	Rp 46,985,789,440.09
211	A	-	B;C;D;E	622.56	0	2288.88	Cukup	Rp 47,327,344,878.49
212	-	A;B;C;D;E	-	0	2911.44	0	Cukup	Rp 42,982,520,471.47
213	-	B;C;D;E	A	0	2288.88	622.56	Cukup	Rp 43,522,048,564.16
214	-	A;C;D;E	B	0	2288.88	622.56	Cukup	Rp 43,521,924,483.53
215	-	A;B;D;E	C	0	2500.36	411.08	Cukup	Rp 43,016,003,069.07
216	-	A;B;C;E	D	0	2627.52	283.92	Cukup	Rp 43,008,795,538.47
217	-	A;B;C;D	E	0	1940.12	971.32	Cukup	Rp 43,324,075,909.88
218	-	C;D;E	A;B	0	1666.32	1245.12	Cukup	Rp 44,061,452,576.23

Lampiran 11 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 219-240)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.	
219	-	B;D;E	A;C	0	1877.8	1033.64	Cukup	Rp 43,555,531,161.76
220	-	B;C;E	A;D	0	2004.96	906.48	Cukup	Rp 43,548,323,631.16
221	-	B;C;D	A;E	0	1317.56	1593.88	Cukup	Rp 43,863,604,002.57
222	-	A;D;E	B;C	0	1877.8	1033.64	Cukup	Rp 43,555,407,081.13
223	-	A;C;E	B;D	0	2004.96	906.48	Cukup	Rp 43,548,199,550.53
224	-	A;C;D	B;E	0	1317.56	1593.88	Cukup	Rp 43,863,479,921.94
225	-	A;B;E	C;D	0	2216.44	695	Cukup	Rp 43,042,278,136.06
226	-	A;B;D	C;E	0	1529.04	1382.4	Cukup	Rp 43,357,558,507.47
227	-	A;B;C	D;E	0	1656.2	1255.24	Cukup	Rp 43,350,350,976.87
228	-	A;B	C;D;E	0	1245.12	1666.32	Cukup	Rp 43,383,833,574.47
229	-	A;C	B;D;E	0	1033.64	1877.8	Cukup	Rp 43,889,754,988.93
230	-	A;D	B;C;E	0	906.48	2004.96	Cukup	Rp 43,896,962,519.53
231	-	A;E	B;C;D	0	1593.88	1317.56	Cukup	Rp 43,581,682,148.13
232	-	B;C	A;D;E	0	1033.64	1877.8	Cukup	Rp 43,889,879,069.57
233	-	B;D	A;C;E	0	906.48	2004.96	Cukup	Rp 43,897,086,600.16
234	-	B;E	A;C;D	0	1593.88	1317.56	Cukup	Rp 43,581,806,228.76
235	-	C;D	A;B;E	0	695	2216.44	Cukup	Rp 44,403,008,014.63
236	-	C;E	A;B;D	0	1382.4	1529.04	Cukup	Rp 44,087,727,643.22
237	-	D;E	A;B;C	0	1255.24	1656.2	Cukup	Rp 44,094,935,173.82
238	-	A	B;C;D;E	0	622.56	2288.88	Cukup	Rp 43,923,237,586.53
239	-	B	A;C;D;E	0	622.56	2288.88	Cukup	Rp 43,923,361,667.16
240	-	C	A;B;D;E	0	411.08	2500.36	Cukup	Rp 44,429,283,081.63

Lampiran 12 Hasil Perhitungan Kombinasi Heuristik (Kombinasi 241-243)

Kombinasi	Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Luas Area (m ²)				Total Biaya	
				Pandaan	Kediri	Bojonegoro	Ket.		
241	-	D	A;B;C;E	0	283.92	2627.52	Cukup	Rp	44,436,490,612.22
242	-	E	A;B;C;D	0	971.32	1940.12	Cukup	Rp	44,121,210,240.82
243	-	-	A;B;C;D;E	0	0	2911.44	Cukup	Rp	44,462,765,679.22

BIOGRAFI PENULIS



Rekha Nur Fadila, wanita kelahiran Banjarmasin, 29 September 1998 ini merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara pasangan Junaidi dan Noor Rahmaniar. Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis yaitu SD Negeri Pembangunan Djatiroto, SD Negeri Kandang sapi 02 Pasuruan, SMP Negeri 1 Djatiroto, SMP Negeri 12 Surabaya, SMA Negeri 5 Surabaya, dan melanjutkan pendidikan perguruan tinggi tingkat sarjana di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya pada tahun 2016. Semasa perkuliahan, penulis aktif dalam beberapa organisasi, dan kegiatan di kalangan kampus. Penulis juga aktif menjadi asisten lab/mata kuliah dari laboratorium *Logistics & Supply Chain Management (LSCM)* sejak Desember 2018, dan juga menjadi *project officer* Petikemaz, *smart retail supply chain research project* milik laboratorium LSCM, hingga Agustus 2020. Selama menjadi asisten, penulis menjadi asisten untuk mata kuliah *Production Planning and Inventory Control (PPIC)* dan Sistem Logistik. Penulis juga aktif turut serta dalam kegiatan yang diadakan oleh Laboratorium LSCM seperti LSCamp 2019, LSCM Update, VBA Training, dan LSCamp 2020. Kemudian, penulis juga pernah menjadi staf Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Industri (HMTI) ITS periode 2017/2018, dan Sekretaris Departemen Sumber Daya Mahasiswa Tingkat Lanjut HMTI ITS periode 2018/2019. Disamping itu, penulis juga aktif di organisasi dan kegiatan minat bakat selama kuliah. Penulis menjadi Bendahara 1 Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Sepakbola ITS periode 2018/2019. Penulis juga telah memiliki beberapa pengalaman Kerja Praktik di PT. Pertamina Geothermak Energy sebagai *Supply Chain Management Intern* pada tahun 2019 dan menjadi *Intern* di salah satu perusahaan AMDK di Indonesia sejak Januari hingga Juli 2020. Apabila ada yang ingin didiskusikan lebih lanjut, dapat menghubungi penulis melalui *email* : rekhanf@gmail.com.