

**PENENTUAN LOKASI PABRIK BIOETANOL BERBAHAN  
BAKU AMPAS TEBU (BAGAS)**

**SKRIPSI**

**KURNIA A S P**

**06 06 07 72 45**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

**PENENTUAN LOKASI PABRIK BIOETANOL BERBAHAN  
BAKU AMPAS TEBU (BAGAS)**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**KURNIA A S P**

**06 06 07 72 45**



**UNIVERSITAS INDONESIA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2010**

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Kurnia A S P**

**NPM : 0606077245**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 29 Juni 2010**

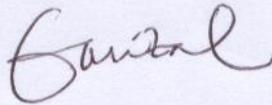
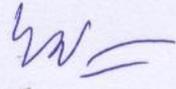
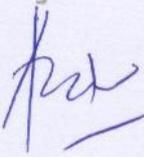
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Kurnia A S P  
NPM : 0606077245  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : Penentuan Lokasi Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu (Bagas)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

## DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Farizal, PhD (  )  
Penguji : Ir. Yadrifil M.Sc. (  )  
Penguji : Arian Dhini S.T., M.T (  )  
Penguji : Komarudin S.T., M.Eng (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2010

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, yakni:

1. Ibu, Bapak, dan Mbak Nia yang tak putus-putusnya memberikan doa, perhatian, dan dorongan bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Farizal PhD selaku pembimbing satu skripsi yang telah memberikan dukungan dan bimbingan mengenai materi skripsi serta Kak Komarudin, M.Eng selaku pembimbing dua yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, dan saran yang membangun.
3. Bapak Amar, Bapak Yadrifil, Bapak Bintang dan Kak Sono yang telah memberikan banyak masukan berkaitan dengan skripsi, serta seluruh staf pengajar Departemen Teknik Industri UI yang telah membimbing dan memberikan pengajaran kepada penulis selama ini,
4. Bapak Supriyanto, Mas Darman, dan Mas Ardi yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu, memberi masukan dan pengetahuan kepada penulis berkaitan dengan industri bioetanol.
5. Yudi dan Satria yang selalu memberi dorongan semangat dan keceriaan di masa-masa skripsi, juga Fajri yang sudah banyak membagi pengetahuan.
6. Dewe, Eki, Threntigo, Ibnu, Anisa, dan seluruh teman-teman yang selalu ada di dunia nyata maupun maya. Kak Kulsum, Kak Ratih, dan Witta yang telah banyak mengisi hari-hari skripsi dengan rasa kebersamaan. Phephe dan Udin sebagai teman bimbingan, serta seluruh teman-teman TI 2006 untuk kebersamaannya selama 4 tahun yang penuh warna ini.

7. Seluruh staf karyawan DTI UI (Bu Har, Mbak Ana, Mbak Willy, Mbak Fat, Mas Dodi, Mas Mursyid, Mas Iwan, Mas Latief, dan lainnya) yang telah banyak membantu penulis selama menempuh studi di DTI UI.
8. Seluruh pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyelesaian skripsi ini, baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya dan bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 29 Juni 2010

Penulis

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kurnia A S P

NPM : 0606077245

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Penentuan Lokasi Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu (Bagas)**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 29 Juni 2009

Yang menyatakan

(Kurnia A S P)

## ABSTRAK

Nama : Kurnia A S P  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Penentuan Lokasi Pabrik Bioetanol Berbahan Baku Ampas Tebu  
(Bagas)

Penulisan ini bertujuan untuk menentukan lokasi terbaik untuk pendirian pabrik bioetanol berbahan baku bagas. Lokasi terbaik adalah lokasi dengan biaya terendah yang telah memperhitungkan faktor ketidakpastian dan resiko yang ada. Ketidakpastian yang ada dalam hal biaya disimulasikan dengan simulasi Monte Carlo untuk menghitung nilai biaya. Faktor-faktor resiko yang ada, yaitu bahan baku, utilitas, dan transportasi, diidentifikasi dengan menggunakan metode Delphi dan dibobotkan dengan teknik perbandingan berpasangan. Nilai resiko yang didapat akan menambah besarnya biaya.

Pada tahap penyeleksian awal, terdapat tiga kandidat lokasi, yang dipilih yaitu Kabupaten Kediri, Jombang, dan Tulungagung. Hasil simulasi biaya tahunan yang ditambah dengan nilai resiko biaya, menunjukkan Tulungagung sebagai lokasi terbaik yang diusulkan dengan *certainty equivalent value* (CEV) atas total biaya tahunan sebesar Rp 16,544,617,454.32 dan nilai resiko terhadap biaya sejumlah Rp 169,801,707.46.

**Kata Kunci: Bioetanol, Bagas, Lokasi Fasilitas, Resiko, Nilai Tahunan, Simulasi Monte Carlo**

## ABSTRACT

Name : Kurnia A S P  
Study Program: Industrial Engineering  
Title : Choosing Plant Location of Bagasse-Based Bio-ethanol

The purpose of this study is to choose the best location for the plant of bagasse-based bio-ethanol, which is the one with minimum cost that takes into consideration uncertainty and risk factor into calculation. In this case, the uncertainty of cost is simulated with Monte Carlo simulation. The risk factors, which are raw material, plant utility, and transportation are identified by using Delphi method and are weighted with pair-wise comparison technique. The value of risk will increase the total cost.

On the first screening, the three candidates of location are selected, which are Kediri, Jombang, and Tulungagung. The result of annual cost simulation that plus by risk value of cost result Tulungagung as the best location with IDR 16,544,617,454.32 of certainty equivalent value of total annual cost and IDR 169,801,707.46 of risk value cost.

**Keyword: Bio-ethanol, Bagasse, Facility Location, Risk, Annual Worth, Monte Carlo Simulation**

## DAFTAR ISI

JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR RUMUS .....	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	3
1.3 Rumusan Permasalahan .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Pembatasan Masalah .....	5
1.6 Metodologi Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
<b>BAB 2 DASAR TEORI.....</b>	<b>10</b>
2.1 Problema Lokasi Fasilitas .....	10
2.1.1 Definisi dan Karakteristik .....	10
2.1.2 Klasifikasi Industri Weber .....	10
2.1.3 Faktor Penentu dalam Pemilihan Lokasi Industri .....	11
2.1.4 Metode Pemilihan Alternatif Lokasi Pabrik .....	12
2.1.4.1 Metode Ranking Prosedur.....	12
2.1.4.2 Metode Analisa Pusat Gravitasi .....	13
2.1.4.3 Metode Analisa Transportasi Program Linear .....	13
2.1.4.4 Metode Break Even Analysis.....	14
2.1.4.5 Metode Brown-Gibson.....	14
2.2 Resiko .....	16
2.2.1 Definisi Resiko.....	16
2.2.2 Resiko Investasi .....	16
2.2.3 Metode Kepastian Setara (Certainty Equivalent Method) .....	17
2.3 Simulasi Monte Carlo .....	18
2.4 Peramalan (Forecasting) .....	19
2.4.1 Pengertian Peramalan (Forecasting) .....	19
2.4.2 Peramalan dengan Pendekatan Kuantitatif .....	19

2.4.3 Metode Deret Waktu (Time Series).....	19
2.4.4 Kesalahan dalam Peramalan .....	23
2.5 Analisis Nilai Tahunan .....	24
2.6 Metode Delphi .....	25
2.7 Pembobotan dengan Teknik Perbandingan Berpasangan .....	27
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	29
3.1 Spesifikasi Pabrik.....	29
3.2 Bahan Baku .....	31
3.3 Pemasok Bahan Baku .....	32
3.4 Penentuan Alternatif Kandidat Lokasi .....	35
3.5 Biaya Tetap .....	37
3.5.1 Biaya Pembelian Tanah .....	37
3.5.2 Suku Bunga Deposito Berjangka .....	37
3.6 Biaya Operasional Tahunan .....	38
3.6.1 Biaya Tenaga Kerja.....	38
3.6.2 Biaya Transportasi.....	43
3.7 Perhitungan Nilai Biaya Tahunan dengan Simulasi Monte Carlo .....	44
3.7.1 Simulasi dan Perhitungan Biaya .....	44
3.7.2 Hasil Simulasi .....	45
3.8 Penentuan Faktor Resiko .....	51
3.9 Pembobotan Faktor Resiko .....	53
3.10 Penilaian Faktor Resiko Kandidat Lokasi Pabrik .....	54
3.10.1 Faktor Bahan Baku .....	55
3.10.2 Faktor Utilitas .....	56
3.10.3 Faktor Transportasi .....	57
3.10.4 Tingkat Resiko untuk Setiap Kandidat Lokasi .....	59
3.11 Certainty Equivalent Value Biaya Tahunan .....	59
<b>BAB 4 PEMBAHASAN</b> .....	61
4.1 Analisis Biaya Transportasi.....	61
4.2 Analisis Biaya Pembelian Lahan .....	65
4.3 Analisis Biaya Tenaga Kerja.....	66
4.4 Analisis Total Biaya Tahunan.....	67
4.5 Analisa Faktor Resiko .....	68
4.6 Analisis Certainty Equivalent Value Biaya Tahunan .....	69
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	72
5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran .....	72
<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	73

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Penggunaan bioetanol di Indonesia tahun 2007.....	2
Tabel 2.1 Skala dalam perbandingan berpasangan .....	27
Tabel 3.1 Daftar pabrik gula di bawah naungan PTPN X .....	32
Tabel 3.2 Jumlah tebu yang digiling pabrik-pabrik gula PTPN X tahun 2004-2008 .	33
Tabel 3.3 Jumlah bagas yang mampu dihasilkan pabrik-pabrik gula PTPN X tahun 2004-2008 .....	33
Tabel 3.4 Jumlah bagas yang mampu dipasok pabrik-pabrik gula PTPN X tahun 2004-2008 .....	33
Tabel 3.5 Jumlah rata-rata bagas yang mampu dipasok .....	36
Tabel 3.6 Jarak antara pabrik gula dengan alternatif lokasi pabrik bioetanol.....	36
Tabel 3.7 Hasil perhitungan dalam pemilihan kandidat lokasi.....	37
Tabel 3.8 Suku bunga deposito berjangka 12 bulan bank persero.....	38
Tabel 3.9 UMK tiap kandidat lokasi.....	39
Tabel 3.10 Perbandingan nilai MSE untuk peramalan UMK Kediri.....	40
Tabel 3.11 Perbandingan nilai MSE untuk peramalan UMK Jombang.....	41
Tabel 3.12 Perbandingan nilai MSE untuk peramalan UMK Tulungagung .....	41
Tabel 3.13 Hasil forecasting nilai UMK.....	41
Tabel 3.14 Jumlah kebutuhan tenaga kerja.....	42
Tabel 3.15 Total biaya tahunan ketiga kandidat lokasi.....	46
Tabel 3.16 Biaya tenaga kerja tahunan (uniform) ketiga kandidat lokasi .....	47
Tabel 3.17 Biaya transportasi tahunan ketiga kandidat lokasi .....	48
Tabel 3.18 Biaya pembelian tanah tahunan ketiga kandidat lokasi .....	49
Tabel 3.19 Rekapitulasi jawaban putaran 1 metode Delphi.....	52
Tabel 3.20 Perbandingan berpasangan .....	52
Tabel 3.21 Rekapitulasi jawaban putaran 2 metode Delphi.....	53
Tabel 3.22 Matrix perbandingan berpasangan untuk pembobotan faktor resiko.....	53
Tabel 3.21 Indikator penilaian faktor bahan baku .....	55
Tabel 3.24 Kondisi faktor bahan baku di tiap kandidat lokasi .....	56
Tabel 3.25 Penilaian kandidat lokasi pada faktor bahan baku.....	56
Tabel 3.26 Indikator penilaian faktor utilitas.....	56
Tabel 3.27 Kondisi faktor utilitas di tiap kandidat lokasi .....	57
Tabel 3.28 Penilaian kandidat lokasi pada faktor utilitas .....	57
Tabel 3.29 Indikator penilaian faktor transportasi.....	58
Tabel 3.30 Kondisi faktor transportasi di tiap kandidat lokasi.....	58
Tabel 3.31 Penilaian kandidat lokasi pada faktor transportasi .....	58
Tabel 3.32 Tingkat resiko total kandidat lokasi.....	59
Tabel 3.33 Certainty equivalent value biaya tahunan tiap kandidat lokasi.....	60
Tabel 4.1 Urutan prioritas pabrik gula untuk kandidat lokasi Kediri .....	61
Tabel 4.2 Urutan prioritas pabrik gula untuk kandidat lokasi Jombang .....	62
Tabel 4.3 Urutan prioritas pabrik gula untuk kandidat lokasi Tulungagung .....	62

Tabel 4.4 Pasokan yang diambil dari PG Tjoekir oleh kandidat Kediri .....	63
Tabel 4.5 Pasokan yang diambil dari PG Pesantren Baru oleh kandidat Jombang ....	64
Tabel 4.6 Distribusi frekuensi kumulatif pasokanPG Pesantren Baru untuk kandidat Jombang .....	64
Tabel 4.7 Pasokan yang diambil dari PG Toelangan oleh kandidat Tulungagung .....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Permintaan dan pasokan minyak dunia.....	1
Gambar 1.2. Diagram keterkaitan masalah.....	5
Gambar 1.3 diagram alir metode penelitian.....	8
Gambar 2.1 Tipe pola data time series.....	20
Gambar 2.2 Prosedur dalam metode Delphi.....	26
Gambar 3.1 Diagram aliran proses dan mesin produksi bioetanol dengan bahan baku ampas tebu.....	30
Gambar 3.2 UMK ketiga kandidat lokasi.....	39
Gambar 3.3 Distribusi probabilitas MARR.....	45
Gambar 3.4 Probabilitas total biaya tahunan lokasi Kediri.....	45
Gambar 3.5 Probabilitas total biaya tahunan lokasi Jombang.....	46
Gambar 3.6 Probabilitas total biaya tahunan lokasi Tulungagung.....	46
Gambar 3.7 Probabilitas biaya tenaga kerja tahunan lokasi Kediri.....	46
Gambar 3.8 Probabilitas biaya tenaga kerja tahunan lokasi Jombang.....	47
Gambar 3.9 Probabilitas biaya tenaga kerja tahunan lokasi Tulungagung.....	47
Gambar 3.10 Probabilitas biaya transportasi tahunan lokasi Kediri.....	47
Gambar 3.11 Probabilitas biaya transportasi tahunan lokasi Jombang.....	48
Gambar 3.12 Probabilitas biaya transportasi tahunan lokasi Tulungagung.....	48
Gambar 3.13 Probabilitas biaya pembelian tanah tahunan lokasi Kediri.....	48
Gambar 3.14 Probabilitas biaya pembelian tanah tahunan lokasi Jombang.....	49
Gambar 3.15 Probabilitas biaya pembelian tanah tahunan lokasi Tulungagung.....	49
Gambar 3.16 Grafik sensitivitas biaya total lokasi Kediri.....	50
Gambar 3.17 Grafik sensitivitas biaya total lokasi Jombang.....	50
Gambar 3.18 Grafik sensitivitas biaya total lokasi Tulungagung.....	50
Gambar 3.19 Matrix perbandingan berpasangan (Expert Choice 2000).....	54
Gambar 3.20 Hasil perhitungan bobot faktor resiko.....	54
Gambar 4.1 Pasokan yang diambil dari PG Tjoekir oleh kandidat Kediri.....	63
Gambar 4.2 Pasokan yang diambil dari PG Pesantren Baru oleh kandidat Jombang.....	64
Gambar 4.3 Pasokan yang diambil dari PG Toelangan oleh kandidat Tulungagung.....	65

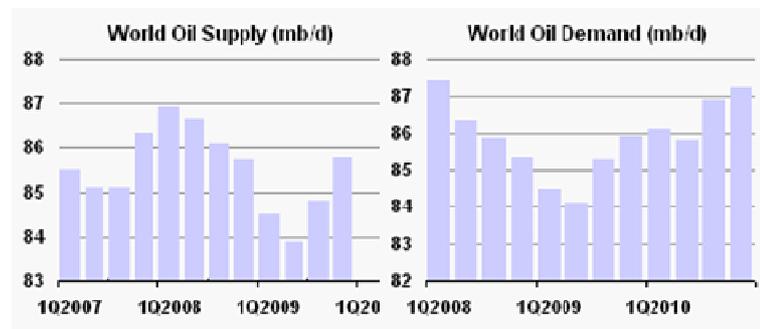
## DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1 Fungsi tujuan metode analisa pusat gravitasi .....	13
Rumus 2.2 Perhitungan nilai faktor kuantitatif .....	14
Rumus 2.3 Perhitungan nilai faktor kuanlitatif .....	15
Rumus 2.4 Perhitungan kombinasi nilai faktor kualitatif-kuanlitatif .....	15
Rumus 2.5 Tingkat resiko keseluruhan .....	17
Rumus 2.6 Certainty Equivalent Value .....	17
Rumus 2.7 Peramalan teknik rata-rata sederhana .....	21
Rumus 2.8 Peramalan teknik rata-rata bergerak .....	21
Rumus 2.9 Peramalan teknik penghalusan eksponensial .....	22
Rumus 2.10 Peramalan teknik Winter's .....	22
Rumus 2.11 Peramalan teknik penghalusan eksponensial tunggal .....	23
Rumus 2.12 Peramalan teknik penghalusan eksponensial tunggal dengan trend linear .....	23
Rumus 2.13 Rata-rata deviasi absolut (MAD) .....	24
Rumus 2.14 Kesalahan kuadrat rata-rata (MSE) .....	24
Rumus 2.15 Kesalahan persentase absolut (MAPE) .....	24
Rumus 2.16 Equivalent uniform annual cost (EUAC) .....	25
Rumus 2.17 Indeks konsistensi (CI) .....	28
Rumus 3.1 Formula penentuan kandidat lokasi .....	35

## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Harga minyak dunia yang semula berada di kisaran 20-30 US\$/barrel mulai merangkak naik sejak awal tahun 2000<sup>1</sup>. Kecenderungan meningkatnya harga minyak mentah dunia ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tingkat ketersediaan pasokan. Harga minyak mentah berperilaku seperti komoditi lainnya yang dipengaruhi oleh tingkat ketersediaannya dalam memenuhi permintaan pasar.



**Gambar 1.1** Permintaan dan Pasokan Minyak Dunia<sup>2</sup>

sumber: Badan Energi Internasional/*International Energy Agency*

Bila kita amati gambar 1.1, terlihat bahawa kecenderungan peningkatan permintaan akan minyak bumi dunia tidak diimbangi oleh ketersediaan jumlah pasokan. Kebutuhan akan energi (termasuk minyak bumi) akan semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi dan ekonomi. Namun demikian, semakin menipisnya cadangan minyak bumi dan jumlah penemuan sumber cadangan baru yang tidak signifikan mengakibatkan ketersediaan pasokan minyak bumi ini semakin tidak mampu mengimbangi permintaan yang ada. Keadaan ini juga tidak luput melanda Indonesia.

Krisis energi (menipisnya ketersediaan energi konvensional dan harga yang cenderung meningkat) yang juga terjadi di Indonesia mendorong usaha diversifikasi energi melalui pengembangan energi alternatif terbarukan

<sup>1</sup> James L. Williams. *Oil Price History and Analysis*. Diakses pada 6 Maret 2010.

<http://www.wtrg.com>

<sup>2</sup> International Energy Agency. *Oil Market Report*. Diakses pada 6 Maret 2010.

<http://omrpublic.iea.org>

(*renewable resources*). Untuk mendorong pengembangan energi alternatif ini, pemerintah Indonesia telah mengeluarkan Kebijakan Energi Nasional (KEN) yang diantaranya menetapkan target produksi bahan bakar nabati (BBN) pada tahun 2025 sebesar 5% dari total kebutuhan energi minyak nasional<sup>3</sup>. Salah satu jenis bahan bakar nabati yang masuk dalam KEN adalah bioetanol.

Dalam *roadmap* KEN, target pemanfaatan bioetanol sampai tahun 2010 adalah sebesar 5% dari konsumsi bensin, 10% pada tahun 2015, dan 15% pada tahun 2025. Namun kenyataannya, penggunaan bioetanol di Indonesia masih jauh dari target yang telah ditetapkan. Salah satu penyebab keadaan ini adalah belum optimalnya pengembangan dan produksi bioetanol yang kompetitif di Indonesia.

**Tabel 1.1** Penggunaan Bioetanol di Indonesia Tahun 2007<sup>4</sup>

Discription	Feedstock Availability	Usage 2007	Percent
Ethanol	1,2 juta ton	1.000 kl	0,083
Premium	-PSO =17.929.843 Kl		
	-non PSO = 249.448 Kl		
	-total =18.179.291 Kl	ethanol = 1.000 kl	0,0055
Molases	800.000 ton **)	4.000 kl *)	0,5

Bioetanol yang saat ini diproduksi di Indonesia umumnya merupakan bioetanol generasi pertama, dengan bahan baku biomassa yang juga biasa dijadikan sebagai bahan pangan atau pakan ternak. Diduga, konversi sebagian bahan pangan/pakan menjadi bioetanol akan melemahkan ketahanan pangan dunia sekaligus menyebabkan naiknya harga-harga pangan dan pakan tersebut. Penggunaan bahan pangan sebagai bahan baku bioetanol juga akan menyebabkan biaya produksi yang tinggi dari aspek bahan baku, sehingga tingkat kompetitifnya lemah dari sisi harga. Terkait kendala tersebut, arah pengembangan bioetanol mulai berubah ke arah pengembangan bioetanol generasi kedua, yaitu bioetanol dari biomassa lignoselulosa.

Indonesia memiliki keunggulan dalam ketersediaan biomassa lignoselulosa yang melimpah, salah satunya adalah bagas (ampas tebu). Bagas

<sup>3</sup> Peraturan Presiden No. 5 Tahun 2006. Kebijakan Energi Nasional

<sup>4</sup> Seminar Energi Terbarukan dan Pengembangan Berkelanjutan di Indonesia. Le Meridien Hotel, 2009.

merupakan residu padat pada proses pengolahan tebu menjadi gula, yang sejauh ini masih belum banyak dimanfaatkan menjadi produk dengan nilai tambah. Bagas berpotensi tinggi untuk digunakan sebagai bahan baku produksi bioetanol karena harganya yang murah, sehingga mampu meningkatkan keunggulan kompetitif bioetanol Indonesia dari sisi harga. Oleh karena itu, untuk menunjang keunggulan kompetitif bioetanol tersebut, keputusan strategi dalam proyek investasi ini harus dengan seksama mempertimbangkan faktor-faktor keekonomian, termasuk dalam penentuan lokasi pabrik.

Pabrik adalah fasilitas fisik dimana sumber daya manusia dipekerjakan untuk melakukan kegiatan pembuatan produk. Pabrik merupakan suatu faktor penting yang sangat menentukan kesuksesan aktifitas bisnis produksi karena aktifitasnya (terkait dengan biaya) berpengaruh pada tingkat kompetitif harga produk. Sebesar 80% biaya produksi merupakan kontribusi biaya distribusi dan logistic, sedangkan 1/3 sampai 2/3 total biaya distribusi-logistik tersebut merupakan kontribusi dari biaya transportasi<sup>5</sup>. Besarnya nilai dari komponen-komponen biaya tersebut salah satunya ditentukan oleh lokasi pabrik.

Penentuan lokasi terbaik untuk pendirian fasilitas baru, termasuk pabrik, merupakan suatu tantangan strategi yang penting. Keputusan yang diambil sangat berdampak pada berbagai bagian dari rantai pasokan perusahaan sehingga menentukan efek biaya logistik jangka panjang. Dalam suatu keputusan proyek investasi (termasuk dalam menentukan lokasi) mengandung banyak resiko dan ketidakpastian. Oleh karena itu penting untuk menggunakan perangkat simulasi dan analisa resiko dalam penentuan lokasi fasilitas sehingga dapat meminimalkan resiko financial yang terlibat. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mensimulasikan dan menganalisa resiko dalam penentuan lokasi fasilitas adalah dengan menggunakan simulasi Monte Carlo dan analisa resiko. Pendekatan tersebut bertujuan untuk mendapatkan lokasi dengan resiko ekonomis yang terbaik

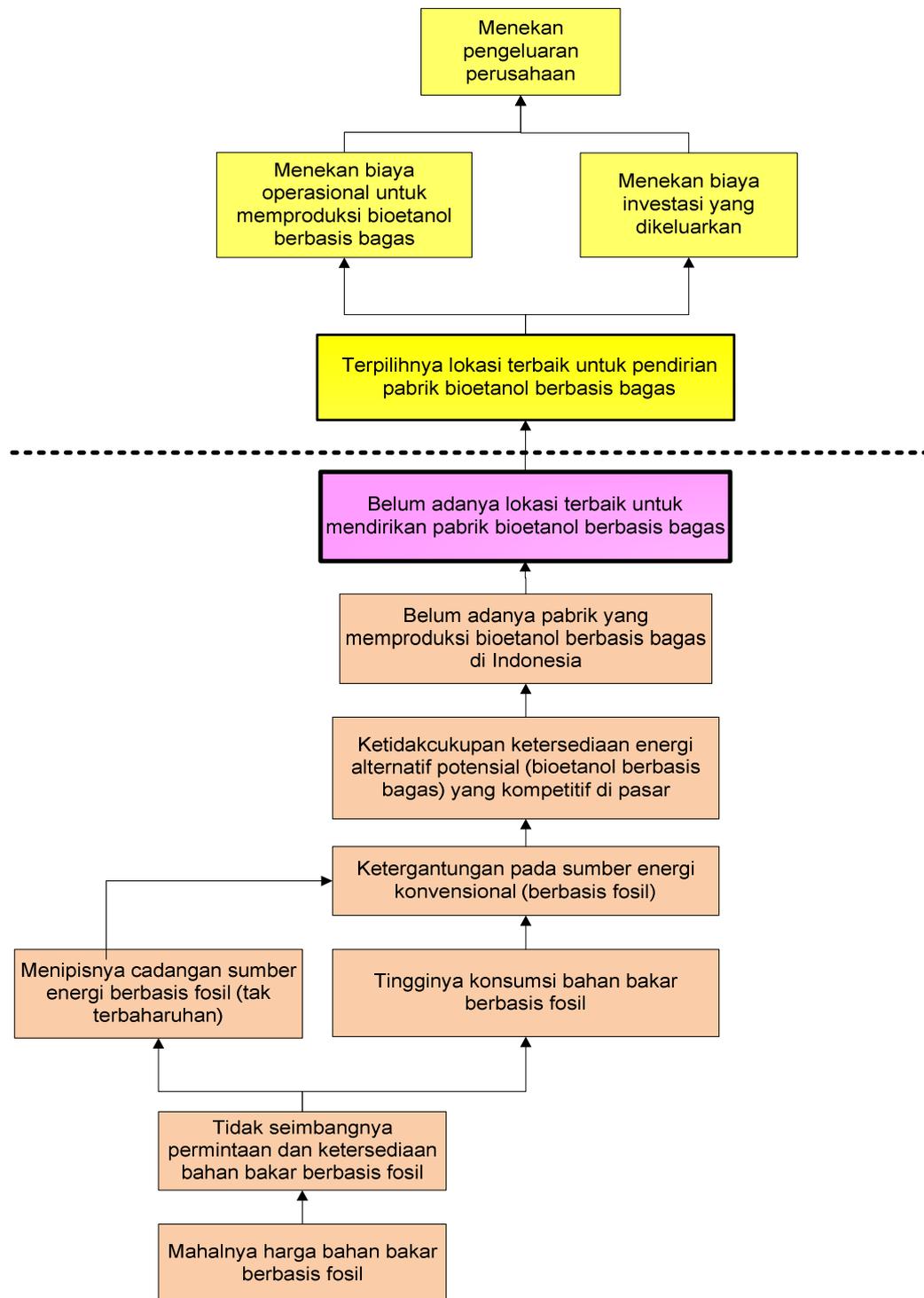
## 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat dibuat sebuah diagram keterkaitan masalah yang dapat memvisualisasikan permasalahan secara

---

<sup>5</sup> Ronald H. Ballou. *Business Logistics/Supply Chain Management, Fifth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004

sistematis. Diagram keterkaitan masalah dari penelitian ini ditampilkan oleh gambar 1.2.



**Gambar 1.2.** Diagram Keterkaitan Masalah

### **1.3 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan inti yang menjadi fokus dalam penelitian ini yaitu perlunya mencari lokasi yang paling optimum untuk pendirian sebuah pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai oleh penulis dalam penelitian ini adalah memperoleh suatu usulan mengenai lokasi pabrik bioetanol generasi kedua berbahan baku ampas tebu yang paling optimal.

### **1.5 Pembatasan Masalah**

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan ruang lingkup agar penelitian dapat terfokus dan menghasilkan keluaran sesuai dengan tujuan pelaksanaannya. Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Produk dari pabrik ini merupakan bioetanol generasi kedua berbahan baku ampas tebu (bagas).
2. Pemasok bahan baku bagas merupakan pabrik-pabrik gula yang berada di wilayah Jawa Timur.
3. Lokasi pendirian pabrik berada di Jawa Timur untuk mendekatkan pabrik dengan sumber bahan baku.
4. Komponen biaya yang akan diperhitungkan adalah yang memiliki perbedaan nilai untuk masing-masing alternatif kandidat lokasi yang ada.
5. Variabel kemacetan tidak dilibatkan dalam perhitungan biaya transportasi.

### **1.6 Metodologi Penelitian**

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini secara sistematis ditampilkan oleh gambar 1.3 dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Penentuan topik dan tujuan penelitian

Topik penelitian didapatkan melalui diskusi dengan dosen pembimbing. Adapun topik penelitian ini adalah mencari lokasi yang paling optimum dalam biaya untuk pendirian sebuah pabrik bioetanol berbasis bagas. Pada bagian ini, ditentukan pula hasil akhir yang ingin dicapai dari penelitian ini,

serta batasan masalah yang akan diteliti untuk memfokuskan lingkup penelitian.

## 2. Penentuan landasan teori

Dalam tahap penentuan landasan teori, ditentukan landasan teori yang berhubungan dengan topik penelitian dan akan digunakan sebagai dasar dalam penelitian ini. Adapun landasan teori yang terkait adalah problema lokasi fasilitas (*facility location problem / FLP*), resiko, simulasi Monte Carlo, peramalan (*forecasting*), analisis nilai tahunan, metode Delphi, dan pembobotan dengan teknik perbandingan berpasangan.

## 3. Pengumpulan data

Kebutuhan data untuk menyelesaikan tujuan dari penelitian ini akan diidentifikasi pada awal tahap pengumpulan data. Data yang akan digunakan adalah yang berkaitan dengan biaya yang akan ditimbulkan dari penempatan sebuah pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu pada setiap alternatif kandidat lokasi yang ada. Data tersebut meliputi data ketersediaan bahan baku dari para pemasok, data biaya transportasi, biaya tenaga kerja, dan biaya pembelian tanah. Selain itu, diperlukan identifikasi faktor resiko dalam penentuan lokasi pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu sehingga dapat dilanjutkan dengan pengumpulan data yang dapat merepresentasikan kondisi dari faktor-faktor resiko tersebut di setiap alternatif kandidat lokasi.

## 4. Pengolahan data

Pada tahap ini, akan dibangun sebuah model perhitungan biaya tahunan yang dirancang sesuai dengan tujuan dari penelitian ini. Data komponen biaya akan dijadikan dimasukkan ke dalam model perhitungan tersebut. Model ini, kemudian akan disimulasikan dengan metode simulasi Monte Carlo, menggunakan bantuan perangkat lunak Oracle Crystal Ball. Hasil pengolahan data dengan simulasi Monte Carlo tersebut akan menghasilkan nilai total biaya tahunan untuk masing-masing alternatif kandidat lokasi.

Pada tahap pengolahan data ini, akan diperhitungkan juga tingkat resiko yang dimiliki masing-masing kandidat lokasi. Tingkat resiko ini akan mempengaruhi nilai total biaya tahunan untuk masing-masing alternatif kandidat lokasi yang telah dihasilkan melalui simulasi Monte Carlo, dan akan

menghasilkan nilai akhir *certainty equivalent value* masing-masing kandidat lokasi

#### 5. Analisa

Pada tahap ini, dilakukan analisa pada hasil pengolahan data untuk menentukan lokasi yang optimal (dengan biaya minimum) untuk mendirikan sebuah pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu. Kandidat lokasi dengan biaya terendah akan dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.

#### 6. Penarikan kesimpulan

Setelah semua tahap terselesaikan dengan baik, pada tahap ini penulis akan membuat kesimpulan akhir berdasarkan analisa hasil penelitian secara menyeluruh yang telah dibuat.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini dibuat agar dapat memberikan gambaran sistematis pengerjaan penelitian sejak awal hingga tercapainya tujuan penelitian dan disajikan dalam lima bab.

Bab pertama yaitu pendahuluan, merupakan bab pengantar yang menjelaskan garis besar dari proses dan isi penelitian ini. Dalam bab pendahuluan ini terdapat penjelasan mengenai latar belakang masalah yang juga divisualisasikan secara sistematis dalam sebuah diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan dan ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, serta sistematika penulisan.

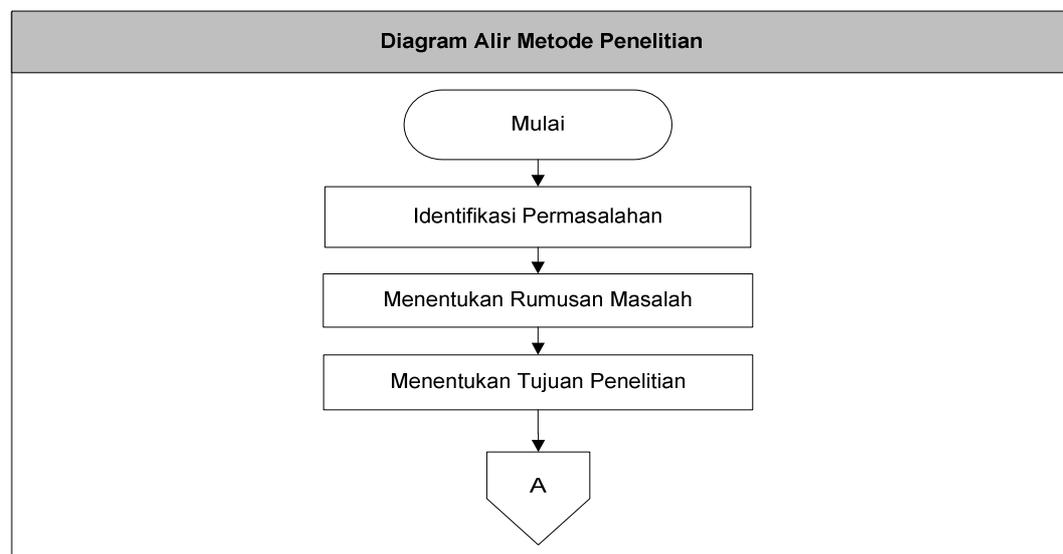
Bab kedua yaitu landasan teori, berisikan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Subjek-subjek yang akan dibahas lebih lanjut dalam bab ini adalah mengenai problema lokasi fasilitas (*facility location problem / FLP*) berikut metode-metode dalam pemilihan alternative lokasi pabrik, resiko, simulasi Monte Carlo, peramalan (*forecasting*) berikut jenis-jenis teknik yang dapat digunakan untuk melakukan peramalan, analisis nilai tahunan, metode Delphi, dan pembobotan dengan teknik perbandingan berpasangan.

Bab ketiga yaitu metodologi, menjelaskan proses pengumpulan data yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian ini disertai dengan tahapan dan metode

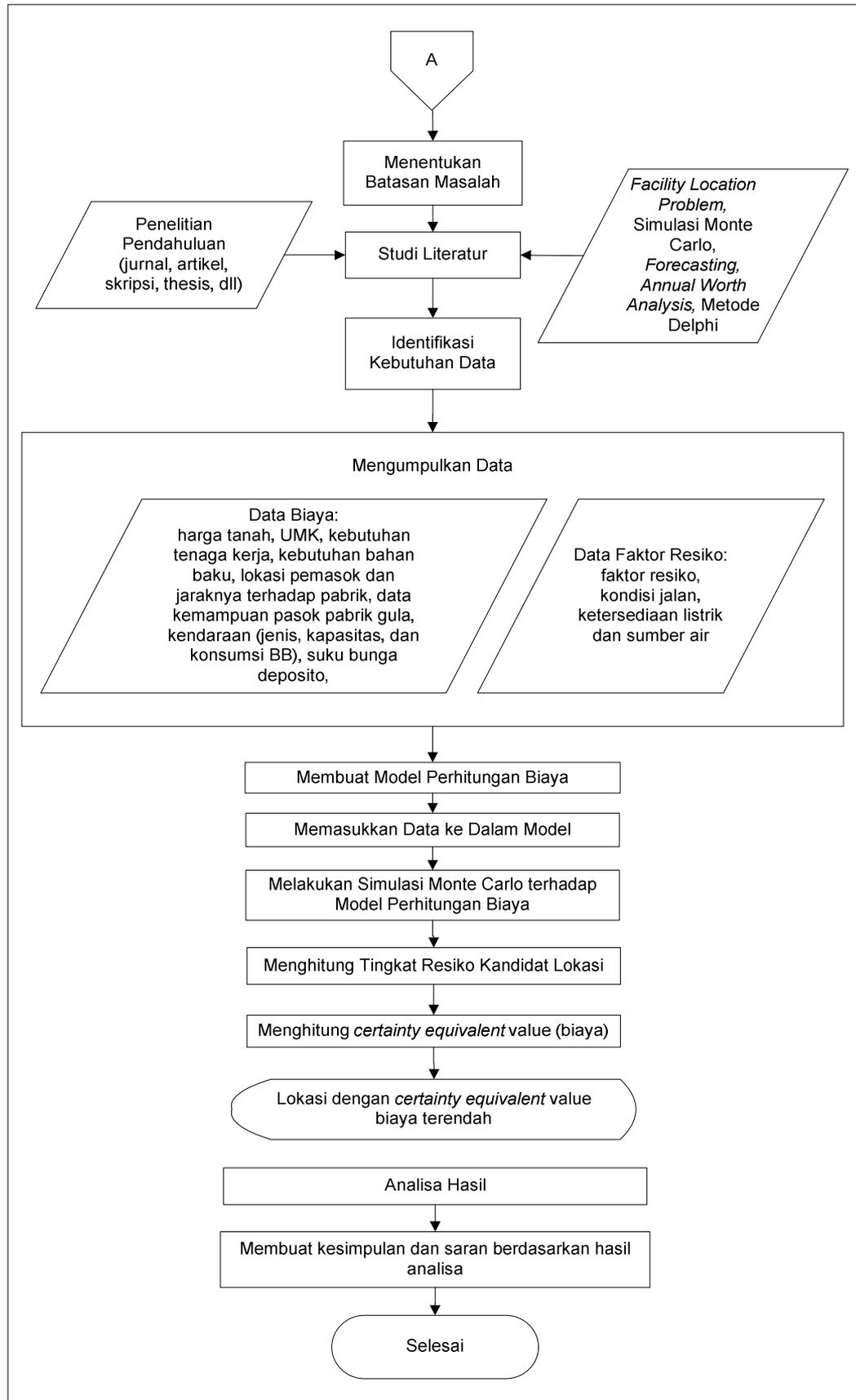
yang digunakan untuk mengolah data-data tersebut. Pengumpulan data dilakukan dengan cara wawancara, telaah pustaka, dan pengumpulan data sekunder. Semua data tersebut akan diolah untuk menentukan perbedaan biaya yang akan dikeluarkan apabila pabrik didirikan dan beroperasi di masing-masing kandidat lokasi. Dengan demikian dapat ditentukan kandidat lokasi yang terbaik untuk diusulkan sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.

Bab keempat yaitu pembahasan, merupakan bab yang berisi tentang analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab metodologi. Analisa dilakukan terhadap komponen-komponen biaya dan hasil perhitungannya dengan simulasi Monte Carlo, serta nilai akhir *certainty equivalent value* masing-masing kandidat lokasi setelah melalui perhitungan kuantitatif dari faktor resiko yang terlibat.

Bab kelima merupakan bab penutup yang berisi kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan dari bab-bab sebelumnya serta saran yang terkait dengan pengembangan selanjutnya dari penelitian ini.



**Gambar 1.3** diagram Alir Metode Penelitian



**Gambar 1.3** Diagram Alir Metode Penelitian (sambungan)

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Problema Lokasi Fasilitas**

##### **2.1.1 Definisi dan Karakteristik**

Problema lokasi fasilitas (*facility location problem/FLP*) dapat didefinisikan sebagai masalah pencarian lokasi optimal untuk pendirian sebuah fasilitas sehingga dapat memberikan keuntungan terbesar dengan biaya terkecil. Masalah penentuan lokasi ini sangat penting karena merupakan salah satu aktivitas kunci dalam manajemen rantai suplai, selain strategi transportasi dan strategi persediaan.

Problema lokasi fasilitas (FLP) biasa muncul saat suatu perusahaan merancang atau mengubah sistem logistiknya. FLP memiliki banyak variasi, tergantung sistem pengklasifikasiannya. Berdasarkan kriteria jumlah fasilitas yang akan dibangun, terdapat problema lokasi fasilitas tunggal dan problema lokasi fasilitas jamak. Berdasarkan kriteria

Terdapat faktor-faktor dominan yang berpengaruh pada penentuan lokasi optimum untuk pendirian suatu fasilitas. Pada penentuan lokasi untuk suatu fasilitas manufaktur seperti pabrik atau gudang, faktor biaya menjadi faktor yang dominan berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Pada penentuan lokasi untuk fasilitas jasa seperti *service center*, faktor pendapatan atau keuntungan menjadi faktor yang dominan berpengaruh. Sedangkan pada fasilitas public seperti sekolah, terminal, dan rumah sakit, faktor kemudahan untuk menjangkau menjadi faktor yang dominan berpengaruh dalam pengambilan keputusan lokasi.

##### **2.1.2 Klasifikasi Industri Weber**

Alfred Weber mengenali fungsi bahan baku dalam suatu proses produksi dan bagaimana bahan baku tersebut dapat mempengaruhi penentuan lokasi. Dalam hal ini, terdapat tiga jenis tipe proses produksi yaitu pengurangan bobot (bobot bahan baku yang lebih besar daripada bobot produk jadi), penambahan bobot (bobot produk jadi yang lebih besar daripada bobot bahan baku), atau

keseimbangan bobot (tidak terjadi pengurangan ataupun penambahan bobot pada produk jadi).

Dalam proses produksi dengan jenis pengurangan bobot, seperti pada proses pembuatan baja, kehilangan bobot dikarenakan hasil sampingan yang tidak dimanfaatkan/diperhitungkan. Oleh karena itu, untuk memperkecil biaya transportasi, lokasi fasilitas produksi (pabrik) ditempatkan mendekati sumber bahan baku. Di sisi lain, pada proses dengan jenis penambah bobot dari bahan baku, misalnya pada industri pengemasan minuman ringan, harus diusahakan jarak transportasi sedekat mungkin antara tempat proses produksi berlangsung (pabrik) dengan lokasi pemasaran. Oleh karena itu, lokasi pabrik ditempatkan mendekati lokasi pemasaran..

Selain proses dengan jenis pengurangan dan penambahan bobot bahan baku, terdapat juga proses yang tidak menyebabkan perubahan bobot antara bahan awal dan produk jadinya. Sebagai contoh, pada industri perakitan, bobot produk jadi adalah penjumlahan dari bobot masing-masing bagian yang dirakitkan. Untuk jenis proses produksi ini, pabrik ditempatkan diantara lokasi sumber bahan baku dan wilayah pemasaran.

### 2.1.3 Faktor Penentu dalam Pemilihan Lokasi Industri

Terdapat beberapa teori yang menyebutkan faktor-faktor penting sebagai dasar pertimbangan dalam penentuan lokasi fasilitas industri berupa pabrik secara umum. Beberapa teori tersebut adalah teori Kimball, teori Splenger-Kleir, dan teori Alfred Weber.

Teori Kimball menyebutkan kedekatan dengan sumber bahan baku, kedekatan dengan pasar, ketersediaan sumber air, ketersediaan tenaga kerja, iklim yang baik, dan investasi sebagai faktor-faktor penting dalam pertimbangan penentuan lokasi industri.

Teori Splenger-Kleir mengelompokkan faktor penentu lokasi fasilitas industri menjadi faktor primer dan sekunder. Faktor primer meliputi faktor bahan baku, pasar, transportasi, tenaga kerja, dan energy. Sedangkan faktor fasilitas air, iklim, dan pajak perkreditan (investasi) termasuk ke dalam faktor sekunder.

Dalam teori Alfred Weber faktor pembebasan tanah, konstruksi pabrik, upah buruh, transportasi, dan depresiasi dijadikan sebagai faktor pertimbangan dalam penentuan lokasi fasilitas industri dengan faktor biaya produksi dan biaya transportasi sebagai faktor terpenting.

#### 2.1.4 Metode Pemilihan Alternatif Lokasi Pabrik

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam pemilihan alternatif lokasi pabrik, diantaranya adalah metode *ranking* prosedur, metode analisa pusat gravitasi, metode analisa transportasi program linear, dan metode Brown-Gibson.

##### 2.1.4.1 Metode Ranking Prosedur

Metode ranking prosedur merupakan metode yang diaplikasikan untuk problema yang sulit untuk dikuantifikasikan. Oleh karena itu, metode ini lebih bersifat kualitatif dengan tetap mementingkan objektifitas. Dalam metode ini, terdapat prosedur yang harus dilaksanakan berdasarkan langkah-langkah analisa sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang relevan dan memiliki signifikasi dalam proses pemilihan lokasi pabrik harus dapat diidentifikasi. Beberapa faktor yang bersifat umum diantaranya adalah faktor-faktor lokasi suplai bahan baku, lokasi wilayah pemasaran, sarana penunjang aktifitas pabrik, dan lain-lain.
2. Setelah faktor-faktor yang signifikan berpengaruh dalam pemilihan lokasi pabrik teridentifikasi, selanjutnya faktor-faktor tersebut dibobotkan berdasarkan derajat atau tingkat kepentingannya.
3. Menilai masing-masing faktor yang telah diidentifikasi untuk masing-masing alternatif lokasi yang akan dievaluasi. Nilai diberikan dengan skala angka yang ditentukan berdasarkan rentang antara 0 sampai 10, dengan skala 10 sebagai yang terbaik.
4. Menghitung total nilai (bobot faktor dikalikan dengan skor atau nilai faktor pada alternatif lokasi) untuk masing-masing alternatif lokasi. Keputusan akan memilih alternative lokasi dengan total nilai yang terbesar.

#### 2.1.4.2 Metode Analisa Pusat Gravitasi

Lokasi yang optimal untuk pendirian suatu fasilitas produksi (pabrik) pada dasarnya akan dipengaruhi oleh lokasi sumber-sumber bahan baku yang dibutuhkan atau juga ditentukan oleh lokasi wilayah pemasaran (potential konsumen) output hasil produksi. Metoda analisa pusat gravitasi dibuat dengan memperhitungkan jarak masing-masing lokasi sumber material atau wilayah pemasaran tadi dari lokasi pabrik yang direncanakan. Pada metode ini, asumsi yang digunakan adalah bahwa biaya produksi dan distribusi untuk lokasi masing-masing lokasi akan sama. Persamaan fungsi tujuan dari metode analisa pusat gravitasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$FT = \text{Min} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_j \sqrt{[(x_i - a_j)^2 + (y_i - b_j)^2]} \quad (2.1)$$

keterangan:

$i$  = jumlah lokasi sumber bahan baku atau wilayah pemasaran.  $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$j$  = jumlah alternatif lokasi yang diusulkan.  $j = 1, 2, \dots, n$ .

$w_j$  = jumlah produk atau kebutuhan bahan baku dari masing-masing alternatif lokasi, sebagai beban yang harus dipindahkan dari lokasi sumber ke lokasi pabrik dan sebaliknya.

$(x_i, y_i)$  = koordinat lokasi alternatif pabrik yang hendak didirikan.

$(a_j, b_j)$  = koordinat lokasi daerah pemasaran atau lokasi sumber bahan baku.

Di dalam proses analisa dengan metoda pusat gravitasi, input data yang dibutuhkan berupa jumlah permintaan akan produk dari masing-masing wilayah pemasaran dan kebutuhan bahan baku dari masing-masing lokasi sumber bahan baku diperoleh melalui metode peramalan.

#### 2.1.4.3 Metode Analisa Transportasi Program Linear

Metode analisa transportasi program linear merupakan suatu metode penyelesaian problema lokasi sebagai bagian dari pemrograman linear. Pada metode ini, formulasi transportasi program linier dipergunakan untuk menentukan pola distribusi yang terbaik dari lokasi pabrik ke wilayah pemasaran tertentu. Keputusan diambil untuk lokasi yang memberikan total biaya yang terkecil.

#### 2.1.4.4 Metode *Break Even Analysis*

Metode ini digunakan dengan menganalisis perbandingan nilai ekonomis dari setiap alternatif kandidat lokasi untuk rentang volume produksi tertentu. Dengan metode ini, dibutuhkan data berupa biaya tetap dan biaya variabel yang kemudian dapat dianalisis secara matematis ataupun grafis.

#### 2.1.4.5 Metode Brown-Gibson

Metode Brown-Gibson dikembangkan untuk menganalisa alternative lokasi pabrik/industri berdasarkan konsep '*preference of measurement*' yang mengkombinasikan faktor-faktor kuantitatif dan kualitatif. Tahapan dalam metode Brown-Gibson adalah sebagai berikut.

##### 1. Eliminasi

Tahap pertama dalam metode Brown-Gibson adalah dengan mengeliminasi alternatif lokasi yang secara sepintas jelas-jelas tidak layak dan memungkinkan untuk dipilih.

##### 2. Perhitungan Faktor Kuantitatif(OF)

Setelah alternatif lokasi yang jelas-jelas tidak layak dan memungkinkan sudah dieliminasi, dilakukan perhitungan dan penetapan ukuran prestasi atau performa dari faktor obyektif (kuantitatif) untuk setiap alternatif kandidat lokasi. Perhitungan total biaya tahunan yang berasal dari estimasi total keseluruhan biaya yang relevan dari setiap alternative kandidat lokasi ( $C_i$ ), biasa digunakan sebagai dasar sebagai ukuran prestasi dari faktor kuantitatif ini. Persamaan matematis dalam perhitungan faktor kuantitatif ini adalah sebagai berikut:

$$OF_i = C_i \left[ \sum \frac{1}{C_i} \right]^{-1} \quad (2.2)$$

keterangan:

$OF_i$  = faktor kuantitatif kandidat lokasi  $i$

$C_i$  = total biaya kandidat lokasi  $i$

$i$  = kandidat lokasi

### 3. Perhitungan Faktor Kualitatif (SF)

Pada tahap ketiga, dilakukan penentuan faktor-faktor yang memberi pengaruh signifikan dan harus dipertimbangkan pada saat menetapkan lokasi pabrik. Faktor-faktor ini bersifat kualitatif dan dapat melibatkan unsure subjektifitas. Pertama-tama, faktor-faktor yang bersifat kualitatif yang memberi pengaruh signifikan dalam pemilihan lokasi diidentifikasi. Selanjutnya dilakukan penetapan bobot faktor  $W_{ij}$ , dimana  $j=1,2,\dots,n$  untuk setiap faktor kualitatif yang ada dengan membandingkan dan menilai salah satu faktor terhadap faktor yang lain secara berpasangan (*pairwise comparison*). Setelah itu, dibuat peringkat setiap alternative kandidat lokasi- $i$ , untuk masing-masing faktor kualitatif- $j$  tersebut dengan metode perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Penetapan peringkat ini dinotasikan sebagai  $R_{ij}$  ( $0 \leq R_{ij} \leq 1$  dan  $\sum R_{ij} = 1$ ), dengan ketentuan sebagai berikut:

- Poin = 1, berarti “lebih baik”
- Poin = 0, berarti “lebih buruk”
- Poin sama-sama nol atau satu berarti “sama”

Perhitungan akhir faktor kualitatif untuk setiap alternative kandidat lokasi- $i$  dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$S_{fi} = W_1 \times R_{i1} + W_2 \times R_{i2} + \dots + W_n \times R_{in} \quad (2.3)$$

### 4. Perhitungan Kombinasi Faktor

Pada tahap ini dilakukan perhitungan kombinasi antara faktor kuantitatif dan kualitatif. Pertama-tama, perlu dihitung terlebih dahulu faktor mana yang lebih penting apakah faktor kuantitatif (bobot =  $k$ ) atau faktor kualitatif (bobot =  $1-k$ ). Perhitungan ini akan menghasilkan *Location Preference Measure* (LPM) untuk setiap alternatif lokasi yang ada. Alternatif kandidat lokasi yang dipilih adalah lokasi dengan LPM tertinggi dengan ketentuan sebagai berikut:

$$LPM_i = k (O_{fi}) + (1-k) (S_{fi}) \quad (2.4)$$

keterangan:

$O_{Fi}$  = faktor kuantitatif kandidat lokasi  $i$

$C_i$  = total biaya kandidat lokasi  $i$

$k$  = bobot faktor kuantitatif

$i$  = kandidat lokasi

## 2.2 Resiko

### 2.2.1 Definisi Resiko

Istilah resiko memiliki banyak definisi sesuai bidang dan tujuan penggunaannya. Resiko didefinisikan oleh Edie Cade sebagai paparan ketidakpastian dari suatu hasil<sup>6</sup>. Istilah resiko terkait erat dengan istilah probabilitas dan konsekuensi. Secara sederhana, resiko dapat didefinisikan sebagai kombinasi antara kemungkinan dari munculnya sebuah peristiwa dan besarnya dampak atau konsekuensi yang dihasilkan oleh peristiwa tersebut. Faktor probabilitas atau kemungkinan dalam resiko ini dapat dipahami sebagai suatu ketidakpastian (*uncertainty*). Dengan demikian, resiko dapat muncul sebagai dampak dari adanya ketidakpastian.

### 2.2.2 Resiko Investasi

Investasi adalah usaha menanamkan faktor-faktor produksi langsung dalam usaha tertentu, baik yang bersifat baru sama sekali atau perluasan usaha tersebut. Tujuan utama investasi adalah memperoleh berbagai manfaat di kemudian hari, baik manfaat keuangan laba dan manfaat non keuangan seperti penciptaan lapangan kerja. Namun demikian, suatu keputusan proyek investasi mengandung banyak resiko dan ketidakpastian. Resiko dan ketidakpastian dalam suatu keputusan proyek investasi dapat diakibatkan oleh banyak faktor<sup>7</sup>.

Penentuan total faktor resiko dari setiap alternatif investasi dilakukan dalam empat tahapan. Tahap pertama adalah identifikasi faktor resiko. Faktor resiko yang terlibat dalam pemilihan suatu proyek investasi perlu diidentifikasi untuk kemudian dibobotkan. Tahap kedua adalah pembobotan faktor resiko ( $W_j$ ) berdasarkan tingkat resikonya. Total bobot  $W$  dari seluruh faktor  $j$  yang berhasil diidentifikasi adalah sebesar 1. Tahap ketiga adalah penilaian resiko  $L_{ij}$  dari

---

<sup>7</sup> Joh R. Canada, William G. Sullivan, dan John. A. White. *Capital Investment Analysis for Engineering and Management, Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc, 2004.

setiap alternatif investasi ke- $i$  terhadap masing-masing faktor  $j$  yang diobservasi. Pada penilaian resiko ini, nilai yang lebih besar merepresentasikan resiko terlibat yang lebih besar. Tingkatan skala yang digunakan sebagai indikator penilaian resiko alternatif ini dapat berupa skala 1-5 (atau lebih sederhana), yang disesuaikan dengan ketersediaan data<sup>8</sup>.

Tahap terakhir dalam penentuan total faktor resiko dari setiap alternatif investasi adalah menghitung dan menentukan faktor resiko keseluruhan dari masing-masing alternatif investasi. Tahap ini dilakukan dengan menjumlahkan total perkalian antara bobot suatu faktor resiko dengan nilai alternatif investasi pada faktor resiko tersebut dengan persamaan sebagai berikut<sup>9</sup>:

$$R_i = \sum (W_j \cdot L_{ij}) \quad (2.5)$$

keterangan:

$R$  = tingkat resiko keseluruhan untuk alternatif investasi  $i$

$W_j$  = bobot untuk faktor resiko  $j$  dengan  $\sum W_j = 1$

$L_{ij}$  = nilai alternatif investasi  $i$  pada faktor resiko  $j$

$i$  = alternatif investasi

$j$  = faktor resiko

### 2.2.3 Metode Kepastian Setara (*Certainty Equivalent Method*)

Prosedur ekspektasi dalam varians (*expectation-variance procedure*) atau biasa disebut metode kepastian setara (*certainty equivalent method*), melibatkan pengurangan nilai ekonomi yang diharapkan dari sebuah proyek investasi ke dalam satu ukuran tunggal. Prosedur ini telah mempertimbangkan nilai ekspektasi dari suatu keluaran (*output*) sama baiknya dengan nilai varians dari keluaran tersebut dengan persamaan sebagai berikut:

$$CEV = E[x] - R \sigma[x] \quad (2.6)$$

keterangan:

$CEV$  = *certainty equivalent value*

<sup>8</sup> Justin Ridlehoover. *Applying Monte Carlo Simulation and Risk Analysis to The Facility Location Problem*. USA: Schneider National, Inc., 2004.

<sup>9</sup> J.R. Cleman. *Making Hard Decisions – An Introduction to Decision Analysis*. Belmont, CA: Duxbury Press, 1996.

$E[x]$  = Nilai rata-rata (mean) dari nilai investasi

$R$  = tingkat resiko keseluruhan

$\sigma[x]$  = nilai standar deviasi dari nilai investasi

### 2.3 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo sering digunakan dalam analisa keputusan dan resiko, untuk membantu membuat keputusan dengan faktor-faktor ketidakpastian. Simulasi Monte Carlo adalah salah satu jenis teknik simulasi untuk menganalisis dampak dari berbagai input yang tidak pasti terhadap output dari sistem yang dimodelkan dengan membangkitkan nilai-nilai secara acak untuk variabel-variabel yang tidak pasti secara berulang. Simulasi Monte Carlo merupakan metode efektif biaya yang cepat untuk mengkuantifikasikan faktor-faktor resiko dalam sebuah proyek baru ataupun investasi. Metode simulasi Monte Carlo ini dapat dijalankan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak computer. Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan dengan mudah adalah Oracle Crystal Ball.

Langkah-langkah dalam menggunakan metode simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut. Langkah pertama adalah membuat model dari masalah yang akan disimulasikan sekaligus menentukan variabel masukan (*input*) dan keluaran dalam model tersebut. Untuk variabel keluaran merupakan variabel yang nilainya akan diramalkan (*forecasted*) melalui simulasi Monte Carlo ini. Tahap berikutnya adalah mendefinisikan bentuk dan parameter distribusi probabilitas dari tiap-tiap variabel masukan tak tentu (*uncertainties*). Kesesuaian statistik (*goodness-of-fit statistics*) merupakan salah satu metode pengukuran statistik yang dapat digunakan untuk menggambarkan ketepatan penyesuaian tipe bentuk dan parameter distribusi probabilitas dari suatu kelompok data terhadap suatu pola distribusi.

Tahap ketiga dalam menggunakan simulasi Monte Carlo adalah menjalankan simulasi (*running*) dengan terlebih dahulu menentukan nilai rentang kepercayaan dan jumlah pengulangan dalam simulasi tersebut. Dalam simulasi Monte Carlo, nilai dari rentang kepercayaan (*confidence interval*) perlu ditentukan. Nilai ini menentukan tingkat akurasi dari parameter statistik yang nantinya juga akan berpengaruh pada tingkat akurasi simulasi. Melalui penentuan

nilai rentang kepercayaan ini, simulasi akan menghasilkan nilai *mean* yang berada di dalam nilai rentang yang ditentukan.

Setelah simulasi dijalankan, dapat dilanjutkan dengan menganalisis variabel-variabel keluaran atau yang bersifat *dependent* dalam model simulasi. Analisis tersebut dapat dilakukan dengan menghitung nilai-nilai statistik yang ada.

## 2.4 Peramalan (*Forecasting*)

### 2.4.1 Pengertian Peramalan (*Forecasting*)

*Forecasting* atau peramalan merupakan metode yang digunakan untuk memperkirakan suatu keadaan atau nilai di masa depan dengan menggunakan data lampau/historis . Pada dasarnya, keadaan di masa depan tidak dapat dipastikan. Peramalan yang dilakukan tidak bertujuan untuk menghilangkan ketidakpastian yang ada di masa depan. Hal ini karena dalam sebuah peramalan, tidak dapat dipastikan seluruh faktor yang menentukan keadaan masa depan dapat diprediksi. Dalam peramalan, asumsi umum yang digunakan adalah bahwa sistem di masa depan akan bersifat stabil.

### 2.4.2 Peramalan dengan Pendekatan Kuantitatif

Dalam peramalan, terdapat jenis pendekatan kualitatif dan kuantitatif, namun peramalan dengan pendekatan kuantitatif lebih banyak digunakan untuk berbagai tujuan. Pada umumnya, peramalan yang bersifat kuantitatif dapat diterapkan apabila terdapat tiga kondisi, yaitu<sup>10</sup>:

1. Tersedia data historis yang memadai
2. Data historis dapat dikuantitatifkan dalam bentuk numerik
3. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola pada data masa lalu akan terus berlanjut di masa mendatang

### 2.4.3 Metode Deret Waktu (*Time Series*)

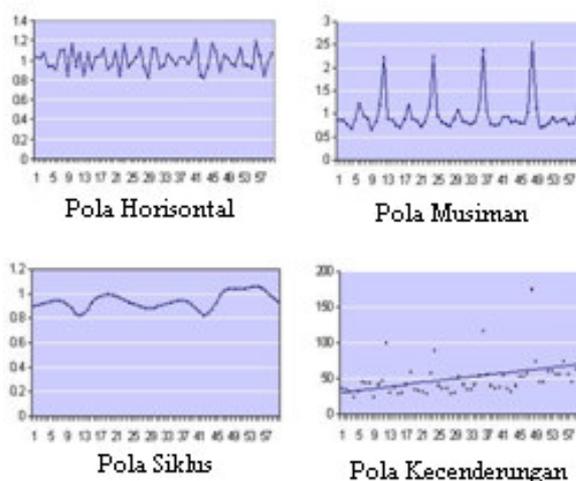
Peramalan dengan menggunakan metode *time series* atau deret waktu dilakukan dengan menganalisa pola pergerakan nilai pada setiap interval waktu yang teratur di masa lalu. Dengan diketahuinya pola pergerakan nilai historis

---

<sup>10</sup> Spyros Makridakis, Steven c. Wheelright, dan Victor E. McGee. Metode-Metode Peramalan Untuk Manajemen, Alih Bahasa : Wiraraja. Jakarta: Binarupa Aksara, 1994.

tersebut dari waktu ke waktu, pola tersebut akan diekstrapolasikan ke dalam deret nilai masa depan. Dengan demikian, pemilihan jenis pola deret berkala yang tepat akan menentukan ketepatan nilai ramalan yang dihasilkan.

Dalam peramalan deret waktu, penting untuk menganalisa jenis pola data. Pola data deret waktu dapat dibedakan menjadi empat jenis pola, yaitu pola horisontal, pola musiman, pola *trend* atau kecenderungan, dan pola siklus. Pola horisontal terjadi jika fluktuasi data historis bersifat stasioner terhadap nilai rata-ratanya yang konstan. Pola musiman terjadi apabila suatu deret data dipengaruhi oleh faktor yang bersifat musiman. Pola *trend* terjadi apabila terdapat kecenderungan kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Pola siklus terjadi apabila pola dalam data memperlihatkan suatu siklus tertentu.



**Gambar 2.1** Tipe Pola Data *Time Series*

Beberapa teknik yang biasa digunakan dalam peramalan dengan metode deret waktu adalah teknik rata-rata, rata-rata bergerak, rata-rata bergerak terbobotkan, *winter's*, penghalusan eksponensial, penghalusan eksponensial tunggal, penghalusan eksponensial dengan *trend* linear, dan regresi linear terhadap waktu dengan penjelasan sebagai berikut:

#### 1. Rata-rata

Peramalan dengan teknik rata-rata sederhana (*simple average*) sesuai digunakan untuk data yang tidak mengandung unsur trend dan faktor musiman. Secara sederhana metode ini menghitung rata-rata dari data yang tersedia sejumlah  $n$ , mengikuti persamaan berikut :

$$F_{i+1} = \sum A_t / N \quad (2.7)$$

keterangan:

$F_{i+1}$  : peramalan untuk periode ke  $i + 1$

$A_t$  : nilai aktual sampai dengan tahun ke  $-t$

$n$  : banyaknya data

## 2. Rata-rata bergerak

Peramalan dengan teknik rata-rata bergerak (*moving average*) melakukan perhitungan terhadap nilai data yang paling baru sedangkan data yang lama akan dihapus. Nilai rata-rata dihitung berdasarkan jumlah data yang angka rata-rata bergernaknya ditentukan dari harga  $n$  sampai  $i$  data yang dimiliki. Dengan demikian, nilai ramalan yang dihasilkan melalui metode ini dalam jangka panjang akan menghasilkan nilai yang sama. Peramalan dengan teknik rata-rata bergerak dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$MA_n = \sum \frac{A_t}{n} \quad (2.8)$$

keterangan:

$i$  : banyak data

$n$  : angka periode rata-rata bergerak

$A_t$  : nilai actual tahun ke  $-i$

## 3. Rata-rata bergerak terbobotkan

Peramalan dengan teknik rata-rata bergerak terbobotkan (*weighted moving average*) ini mirip dengan metode rata-rata bergerak biasa, hanya saja diperlukan pembobotan untuk data paling baru dari deret berkala. Jumlah bobot yang diberikan harus sama dengan 1.00. dan bobot terbesar diberikan pada data yang terbaru.

## 4. Penghalusan eksponensial

Teknik peramalan dengan penghalusan eksponensial (*exponential smoothing*) menggunakan prinsip yang serupa dengan teknik rata-rata bergerak. Karakteristik smoothing dikendalikan dengan menggunakan

faktor smoothing  $\alpha$ , yang bernilai antara 0 sampai dengan 1, untuk memberikan penekanan yang lebih terhadap data yang paling baru. Setiap peramalan yang baru berdasarkan pada hasil peramalan sebelumnya ditambah dengan suatu prosentase simpangan antara nilai ramalan dengan nilai aktual saat tersebut. Dengan demikian :

$$F_t = F_{t-1} + \alpha ( A_{t-1} - F_{t-1} ) \quad (2.9)$$

keterangan:

$F_t$  : Peramalan periode ke-t

$F_{t-1}$  : Peramalan periode ke t-1

$\alpha$  : Konstanta *smoothing*

$A_{t-1}$  : Permintaan aktual atau penjualan untuk periode ke t-1

#### 5. *Winter's*

Metode *winter's* sering digunakan untuk jenis data historis yang mengandung baik variasi musiman maupun unsur *trend*. Metode ini mengolah tiga asumsi untuk modelnya, yaitu unsur konstan, unsur trend, dan unsur musiman.

Ketiga komponen diatas secara kontinyu diperbarui menggunakan konstanta penghalusan (*smoothing*) yang diterapkan pada data terbaru dan estimasi yang paling akhir. Selain itu, peramalan dengan teknik *winter's* juga menggunakan model *trend hold*, yang dimulai dengan mengestimasi *trend*:

$$T_t = \beta ( F_t - F_{t-1} ) + ( 1 - \beta ) T_{t-1} \quad (2.10)$$

keterangan:

$T_t$  : nilai estimasi *trend* pada periode t

$\beta$  : konstanta *smoothing* unsur trend

$F_t$  : rata-rata eksponensial pada periode t

#### 6. Penghalusan eksponensial tunggal

Peramalan dengan menggunakan teknik penghalusan eksponensial tunggal (*single eksponensial smoothing*) dihitung berdasarkan hasil peramalan yang ditambah dengan nilai peramalan periode sebelumnya. Dengan

demikian, kesalahan peramalan yang dilakukan pada periode sebelumnya digunakan untuk mengoreksi peramalan berikutnya. Peramalan dengan teknik ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) F_{t-1} \quad (2.11)$$

keterangan:

$\alpha$  : Konstanta *smoothing*

$A_t$ : Permintaan aktual atau penjualan untuk periode ke t

$F_{t-1}$ : rata-rata eksponensial pada periode t-1

#### 7. Penghalusan eksponensial tunggal dengan trend linear

Teknik peramalan ini serupa dengan teknik penghalusan eksponensial tunggal, hanya saja lebih tepat digunakan untuk tipe data dengan pola yang semakin membentuk *trend* linear dengan persamaan sebagai berikut:

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) F_{t-1} + T F_{t-1} \quad (2.12)$$

keterangan:

$\alpha$  : Konstanta *smoothing*

$A_t$ : Permintaan aktual atau penjualan untuk periode ke t

$T_t$  : nilai estimasi *trend* pada periode t

$F_{t-1}$ : rata-rata eksponensial pada periode t-1

#### 8. Regresi linear terhadap waktu

Peramalan dengan teknik ini tepat digunakan untuk tipe data historis yang menunjukkan pola kecenderungan regresi linear terhadap waktu. Peramalan dengan teknik ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan regresi sederhana yaitu  $y = a + bx$

#### 2.4.4 Kesalahan dalam Peramalan

Hasil ramalan memang tidak akan tepat 100%, namun demikian dengan pemilihan metode yang tepat, akan memberikan perkiraan yang sebaik dan seakurat mungkin. Keakuratan nilai hasil model ramalan dapat diidentifikasi dengan membandingkan nilai yang diramal dengan nilai aktual. Terdapat beberapa metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung kesalahan

peramalan (*forecast error*), diantaranya adalah MAD, MSE, dan MAPE. Metode peramalan yang paling sesuai umumnya adalah metode yang memiliki nilai MAD, MSE, atau MAPE yang terkecil. MAD (*mean absolute deviation*) atau rata-rata deviasi absolut merupakan nilai rata-rata dari simpangan mutlak antara data aktual dengan nilai ramalan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{MAD} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{n} \quad (2.13)$$

keterangan:

$e_t$  = selisih atau simpangan antara data aktual dengan nilai ramalan

$n$  = jumlah satuan waktu yang diobservasi (banyaknya data).

MSE (*mean squared error*) atau kesalahan kuadrat rata-rata merupakan nilai rata-rata dari kuadrat simpangan antara aktual dengan nilai ramalan. Rumus perhitungan nilai MSE adalah sebagai berikut:

$$\text{MSE} = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n} \quad (2.14)$$

keterangan:

$e_t$  = selisih atau simpangan antara data aktual dengan nilai ramalan

$n$  = jumlah satuan waktu yang diobservasi (banyaknya data).

MAPE (*mean absolute percent error*) atau kesalahan persentase absolut merupakan besarnya persentase rata-rata simpangan absolut antara data aktual dengan nilai ramalan yang dapat dirumuskan melalui persamaan sebagai berikut:

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{X_t - F_t}{X_t} \right| \cdot 100 \quad (2.15)$$

keterangan:

$X_t$  = data actual

$F_t$  = nilai ramalan

$n$  = jumlah satuan waktu yang diobservasi (banyaknya data)

## 2.5 Analisis Nilai Tahunan

Nilai waktu terhadap uang merupakan konsep keterkaitan antara nilai uang dengan perubahan waktu. Salah satu dari konsep nilai waktu terhadap uang adalah

konsep nilai tahunan. Nilai tahunan dapat diartikan sebagai serangkaian nilai uang tahunan yang seragam untuk periode waktu tertentu. Apabila yang menjadi bahan pertimbangan hanyalah faktor pengeluaran, istilah tersebut biasa dinyatakan sebagai biaya tahunan (*annual cost*) atau EUAC (*equivalent uniform annual cost*).

Analisis nilai tahunan merupakan salah satu teknik analisis dan evaluasi nilai ekonomi terhadap beberapa alternative investasi dalam proses pengambilan keputusan yang akurat. Melalui teknik ini, seluruh nilai uang yang ada pada suatu waktu dikonversikan menjadi biaya ekuivalen untuk jangka waktu tertentu. Dalam teknik ini, suatu bentuk investasi harus diketahui atau diperkirakan jangka waktu atau umur dari investasi tersebut, sehingga nilai investasi dapat diubah ke dalam nilai tahunan yang seragam.

Untuk menentukan nilai ekuivalen biaya dalam jangka waktu tertentu (EUAC). digunakan formula sebagai berikut:

$$EUAC = P (A/P, I, n) \quad (2.16)$$

dengan ketentuan:

P = Nilai saat ini untuk sebuah investasi

I = interest rate dengan menggunakan nilai MARR (*minimum attractive rate of return*) sebagai tingkat pengembalian minimum yaitu tingkat pengembalian yang dapat diperoleh melalui berinvestasi di tempat lain (sesuai konsep *opportunity cost*)

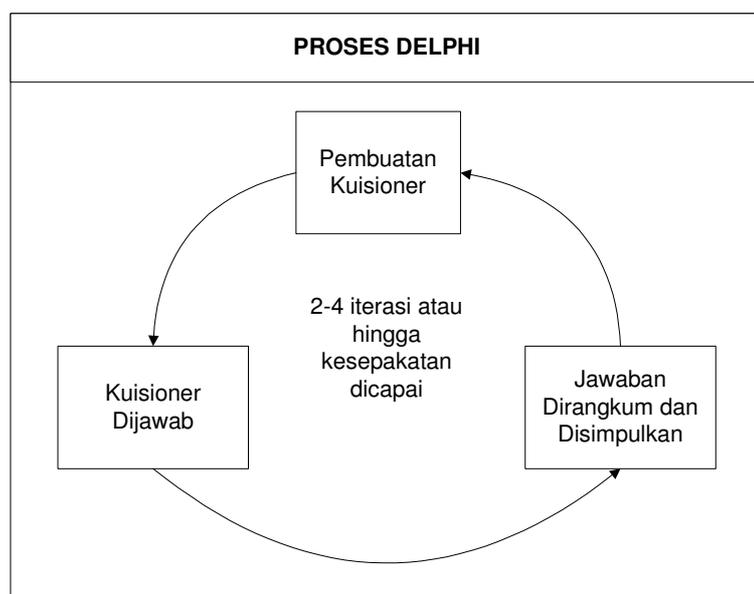
n = umur atau jangka waktu pemakaian fasilitas investasi

## 2.6 Metode Delphi

Kebanyakan pengambil keputusan menggunakan saran dan masukan dari para ahli atau pakar sebagai bahan atau dasar pertimbangan. Metode delphi merupakan teknik pengambilan keputusan oleh grup pakar yang dikembangkan di awal 1950. Metode ini merupakan dasar dalam survey struktural. Metode Delphi digunakan untuk melakukan eksplorasi dan prakiraan, membuat keputusan, atau menyelesaikan masalah yang rumit untuk mencapai sebuah kesepakatan diantara para pakar yang dipilih sebagai responden, melalui proses komunikasi yang terstruktur dalam serangkaian kuisioner tanpa perlu mencantumkan nama

responden. Dengan metode Delphi, peneliti mampu mengeksplorasi ide-ide kreatif dan menghasilkan informasi yang bermanfaat.

Pengetahuan diperoleh selama penelitian dengan menggunakan serangkaian kuisisioner. Respon dari kuisisioner dapat dijawab tanpa menyantumkan nama responden sehingga para responden dapat dengan bebas mengeluarkan pendapatnya. Namun demikian, dalam perkembangannya, metode Delphi dapat diadaptasi untuk penggunaan dalam pertemuan tatap muka. Hasil respon dari kuisisioner dikumpulkan sehingga dapat dirangkum dan dievaluasi secara langsung untuk kemudian dilemparkan kembali kepada para responden sebagai umpan balik dalam bentuk kuisisioner berikutnya. Proses ini terus berulang sampai tercapainya kesepakatan.



**Gambar 2.2** Prosedur dalam Metode Delphi

Dalam pelaksanaan penelitian dengan menggunakan metode Delphi, kebutuhan dan kecukupan jumlah responden berada dalam rentang yang besar dan tidak terbatas. Untuk jenis penelitian tertentu, tiga pakar sebagai responden sudah memungkinkan.<sup>11</sup> Peserta yang dijadikan responden dalam metode Delphi merupakan para pakar yang harus memenuhi empat persyaratan. Pertama, peserta memiliki pengetahuan dan pengalaman dalam isu yang diteliti. Kedua, memiliki

<sup>11</sup> Gregory J. Skumoski, Francis T. Hartman, dan Jennifer Krahn. *The Delphi Method for Graduate Research*. Journal of Information Technology Education Volume 6, 2007.

kapasitas dan keinginan untuk berpartisipasi. Ketiga, peserta memiliki kecukupan waktu untuk berpartisipasi. Yang terakhir, memiliki kemampuan komunikasi yang efektif.

Secara sederhana, dapat disimpulkan bahwa metode Delphi dapat secara optimal digunakan dalam beberapa kondisi. Yang pertama, apabila sejumlah peserta (responden) tidak memungkinkan untuk melakukan pertemuan tatap muka. Hal ini juga mungkin dikarenakan lokasi peserta tersebar di area geografis yang luas. Selanjutnya, metode ini juga sangat bermanfaat digunakan jika dalam sebuah pertemuan tatap muka, para peserta didominasi oleh individu-individu tertentu. Yang terakhir adalah apabila informasi yang akurat tidak tersedia atau mahal untuk diperoleh.

## 2.7 Pembobotan dengan Teknik Perbandingan Berpasangan

Pembobotan suatu sub-kriteria dari kriteria utuh dapat dilakukan dengan menggunakan teknik perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*). Metode perbandingan berpasangan mempunyai kemampuan untuk memecahkan masalah yang diteliti multi obyek dan multi kriteria yang berdasar pada perbandingan preferensi dari tiap elemen faktor yang dibandingkan. Dalam metode perbandingan berpasangan ini terdapat skala yang umum digunakan sebagai nilai perbandingan.

**Tabel 2.1** Skala dalam Perbandingan Berpasangan

Skala	Definisi
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dibandingkan yang lain
5	Elemen yang satu esensial lebih penting dibanding yang lain
7	Elemen yang satu sangat lebih penting dibanding elemen yang lain
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dibanding elemen yang lain
2,4,6,8,	Nilai tengah
Kebalikan	Jika elemen i memiliki suatu nilai jika dibandingkan dengan elemen j, maka elemen j memiliki nilai kebalikannya bila dibandingkan dengan elemen i ( $1/a_{ij} = a_{ji}$ )

Tahap awal pembobotan dilakukan dengan membuat matriks perbandingan berpasangan. Apabila terdapat lebih dari satu responden yang melakukan

pembandingan, pendapat yang berbeda tersebut disatukan dengan menggunakan rata-rata geometrik yang memiliki rumus matematis  $A_{ij} = (Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n) 1/n$ . Untuk melihat konsistensi perbandingan, digunakan indikator indeks konsistensi, dengan persamaan

$$CI = \frac{\lambda_{maksimum} - n}{(n - 1)} \quad (2.17)$$

keterangan :

C.I            = Indeks konsistensi

$\lambda_{maksimum}$  = Nilai eigen terbesar dari matrik berordo n

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Spesifikasi Pabrik

Pabrik yang akan didirikan adalah pabrik yang memproduksi bioetanol berbahan baku ampas tebu (bagas) dengan aliran proses produksi yang dapat dilihat pada gambar 3.1. Pabrik ini memiliki kapasitas produksi awal (kapasitas ekonomis minimum pabrik bioetanol) 100.000 liter dalam sehari atau 30.000 kilo liter dalam setahun<sup>12</sup>. Untuk mendirikan pabrik bioetanol dengan kapasitas produksi tersebut diperlukan lahan seluas 6 hektar (60.000 m<sup>2</sup>) untuk mengantisipasi rencana penambahan kapasitas produksi pada tahun-tahun berikutnya. Umur investasi pabrik bioetanol ini direncanakan akan beroperasi setidaknya hingga 20 tahun<sup>13</sup>. Dengan waktu pembangunan pabrik selama 1.5 sampai 2 tahun, pabrik ini direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2013.

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi bioetanol merupakan limbah padat yang berasal dari industri pengolahan tebu menjadi gula (pabrik gula). Oleh karena itu, pihak pemasok bahan baku utama produksi pabrik ini adalah pabrik gula. Bioetanol dengan bahan baku ampas tebu ini merupakan produk dengan karakteristik yang mengalami penyusutan massa secara signifikan dari bahan bakunya. Satu kilogram ampas tebu hanya akan menghasilkan bioetanol sejumlah 0.15 kilogram atau setara dengan 0.19 liter. Dengan demikian, penentuan lokasi pabrik ini diupayakan untuk sedekat mungkin dengan lokasi pemasok bahan baku.

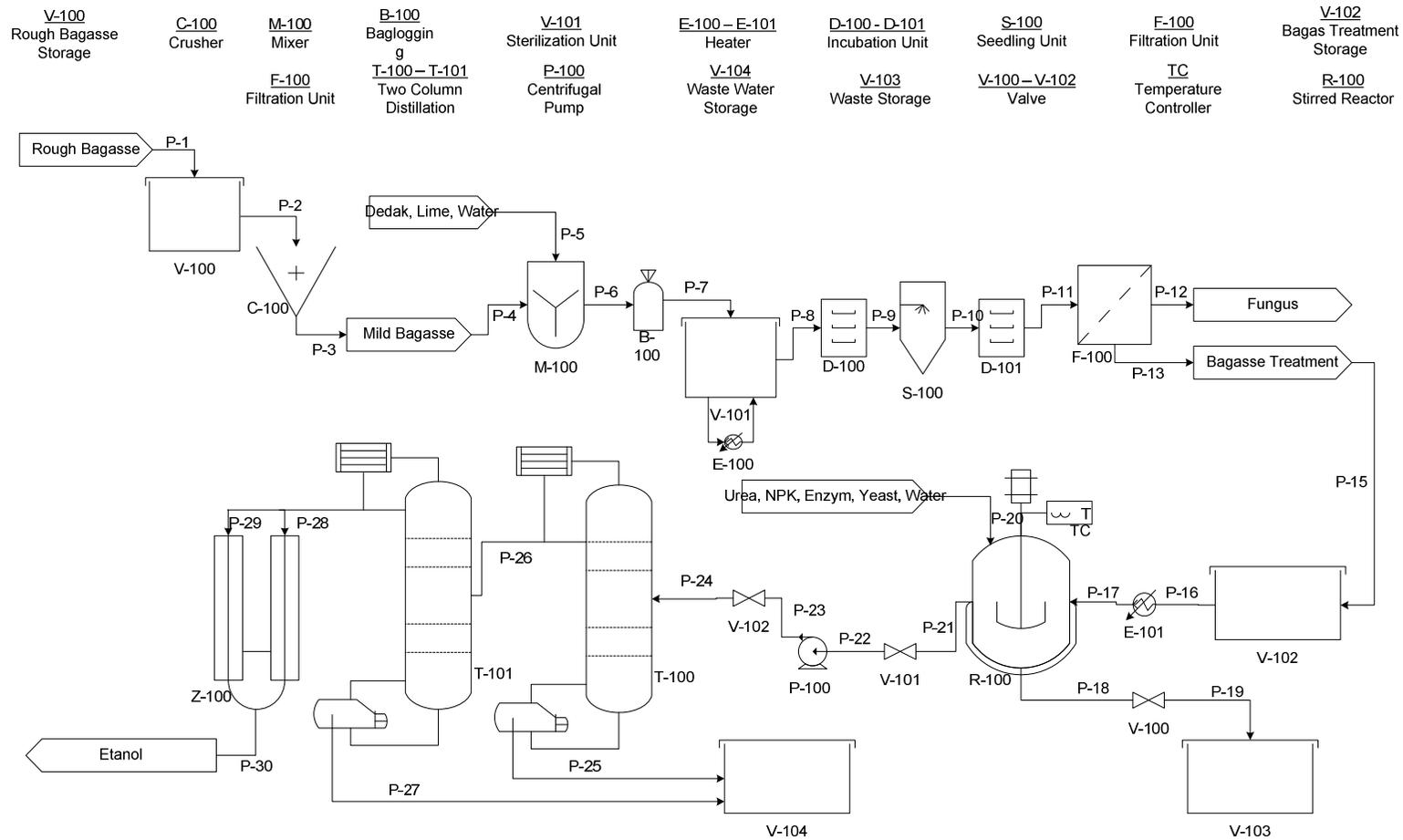
Alternatif lokasi pabrik akan dibatasi di wilayah Jawa Timur. Pembatasan ini didasarkan pada kenyataan bahwa Jawa Timur merupakan provinsi penghasil gula terbesar di Indonesia dengan menyumbang 48% produksi gula nasional pada tahun 2008<sup>14</sup>. Dengan demikian, ketersediaan pasokan bahan baku (bagas) di propinsi ini sangat memadai.

---

<sup>12</sup> Vogelbusch Biocommodities. *Planning a bioethanol plant*. [www.bioethanol.vogelbusch.com](http://www.bioethanol.vogelbusch.com). Diakses 20 Februari 2010.

<sup>13</sup> L. Montague, A. Slayton, dan J. Lukas. *Lignocellulosic Biomass to Ethanol Process Design and Economics Utilizing Co-Current Dilute Acid Prehydrolysis and Enzymatic Hydrolysis for Corn Stover*. Seattle: Harris Group, 2002.

<sup>14</sup> <http://www.beritajatim.com> Diakses 19 Februari 2010.



**Gambar 3.1** Diagram Aliran Proses dan Mesin Produksi Bioetanol dengan Bahan Baku Ampas Tebu

### 3.2 Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi bioetanol ini adalah ampas tebu (bagas). Bagas yang dibutuhkan untuk memenuhi kapasitas produksi pabrik dapat ditentukan melalui perhitungan sebagai berikut:

- Kapasitas produksi dalam setahun adalah 30.000.000 liter bioetanol
- Bioetanol memiliki nilai masa jenis sebesar 0.79 kg / liter
- Dalam 1 tahun akan dihasilkan bioetanol sebanyak:

$$30.000.000 \times 0.79 = 23.700.000 \text{ kg bioetanol}$$

- Satu kilogram bagas akan menghasilkan 0.15 kg bioetanol
- Dalam 1 tahun akan dibutuhkan bagas sebanyak:

$$23.700.000 / 0.15 = 158.000.000 \text{ kg bagas}$$

Selain bagas, bahan penunjang yang dibutuhkan dalam memproduksi bioetanol ini antara lain enzim, urea, NPK, ragi, dedak, kapur, plastik, dan bibit jamur. Bahan baku penunjang tersebut akan dibutuhkan dalam jumlah yang jauh lebih sedikit ketimbang bagas dan nilainya biayanya tidak signifikan dipengaruhi oleh penentuan lokasi pabrik. Oleh karena itu, dilakukan pembatasan oleh penulis untuk tidak memperhitungkan komponen biaya bahan baku penunjang tersebut.

Sesuai dengan pembatasan masalah yang telah dijabarkan pada bab pendahuluan, komponen biaya yang akan diperhitungkan dalam penentuan lokasi pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu ini adalah yang memiliki nilai berbeda untuk masing-masing kandidat lokasi. Oleh karena itu, identifikasi kebutuhan bahan baku pada bagian ini tidak ditujukan untuk menghitung biaya yang diperlukan untuk membeli bahan baku, karena harga bahan baku dari produk ini harganya relatif stabil/seragam dan tidak dipengaruhi oleh lokasi pendirian pabrik. Identifikasi kebutuhan bahan baku pada bagian ini selanjutnya akan digunakan untuk menentukan biaya transportasi bahan baku dari pemasok ke setiap kandidat lokasi yang berbeda. Selain itu, hasil identifikasi kebutuhan bahan baku ini juga akan digunakan untuk menentukan alternatif lokasi pabrik berdasarkan ketersediaan pasokan bahan baku di wilayah tersebut.

### 3.3 Pemasok Bahan Baku

Pabrik gula yang direncanakan sebagai pemasok bahan baku utama pabrik bioetanol ini adalah pabrik-pabrik gula di bawah naungan PT. Perkebunan Nusantara X (PTPN X). Di dalam lingkungan kerja PTPN X, terdapat sebelas pabrik gula yang tersebar di enam kabupaten. Pemilihan ini didasarkan pada besarnya total kapasitas produksi gula dari keseluruhan pabrik gula PTPN X.

**Tabel 3.1** Daftar Pabrik Gula di Bawah Naungan PTPN X

No.	Nama	Lokasi	Kapasitas (TCD)
1	PG Djombang Baru	Kec. Jombang Jombang	2600
2	PG Tjoekir	Kec. Diwek Jombang	3200
3	PG Lestari	Kec. Patianrowo Nganjuk	3850
4	PG Gempolkrep	Kec. Gedek Mojokerto	6600
5	PG Meritjan	Kec. Mojoroto Kediri	2450
6	PG Pesantren Baru	Kec. Pesantren Kediri	6200
7	PG Watoetoelis	Kec. Prambon Sidoarjo	2350
8	PG Kremboong	Kec. Krembung Sidoarjo	1600
9	PG Ngadiredjo	Kec. Keras Kediri	6200
10	PG Toelangan	Kec. Tulangan Sidoarjo	1400
11	PG Modjopanggoong	Kec. Kauman Tulungagung	2750

Sumber: PTPN X

Jumlah bagas yang mampu dipasok oleh pabrik-pabrik gula PTPN X dapat ditentukan dari data penggilingan tebu yang dilakukan oleh pabrik-pabrik gula tersebut melalui alur perhitungan sebagai berikut:

1. Di dalam 1 kg tebu, terkandung 32% serat bagas atau senilai 320 gram<sup>15</sup>
2. Dari bagas yang dihasilkan sebuah pabrik gula, hanya sekitar 18-20% yang dapat dipasok sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Hal ini karena hampir 80% dari bagas yang dihasilkan, akan digunakan kembali sebagai bahan bakar boiler pabrik gula tersebut.

Berdasarkan alur perhitungan tersebut, pertama-tama perlu dihitung jumlah bagas yang mampu dihasilkan pabrik gula berdasarkan jumlah tebu yang digiling. Setelah itu, perhitungan bagas yang mampu dipasok adalah dengan membuat skenario apabila bagas yang dipasok adalah sejumlah 18%, 19%, dan 20%.

<sup>15</sup> PT Gunung Madu

**Tabel 3.2** Jumlah Tebu yang Digiling Pabrik-Pabrik Gula PTPN X Tahun 2004-2008

No.	Nama	Giling Tebu ( Ton )				
		2004	2005	2006	2007	2008
1	PG Djombang Baru	304650.00	347563.00	363546.70	466962.70	460068.90
2	PG Tjoekir	385672.90	489245.40	495003.50	607469.80	580861.40
3	PG Lestari	432521.00	588516.00	548885.30	748147.00	541855.90
4	PG Gempolkrep	865384.80	928754.40	910228.40	1137295.30	1008506.90
5	PG Meritjan	302819.80	361016.50	336168.20	447873.60	364526.80
6	PG Pesantren Baru	769174.30	901361.80	910980.50	956837.00	919566.60
7	PG Watoetoelis	342388.10	367977.40	339163.60	420781.40	349183.50
8	PG Kremboong	242863.50	260684.60	258565.40	299222.90	263892.60
9	PG Ngadiredjo	754785.70	972041.70	1012120.00	1061903.00	964181.00
10	PG Toelangan	186134.70	220721.30	207713.10	248615.60	263896.50
11	PG Modjopanggoong	378057.70	471343.30	374362.20	525216.10	431053.30

Sumber: PTPN X

**Tabel 3.3** Jumlah Bagas yang Mampu Dihasilkan Pabrik-Pabrik Gula PTPN X Tahun 2004-2008

No.	Nama	Bagas ( Ton )				
		2004	2005	2006	2007	2008
1	PG Djombang Baru	97488.00	111220.16	116334.94	149428.06	147222.05
2	PG Tjoekir	123415.33	156558.53	158401.12	194390.34	185875.65
3	PG Lestari	138406.72	188325.12	175643.30	239407.04	173393.89
4	PG Gempolkrep	276923.14	297201.41	291273.09	363934.50	322722.21
5	PG Meritjan	96902.34	115525.28	107573.82	143319.55	116648.58
6	PG Pesantren Baru	246135.78	288435.78	291513.76	306187.84	294261.31
7	PG Watoetoelis	109564.19	117752.77	108532.35	134650.05	111738.72
8	PG Kremboong	77716.32	83419.07	82740.93	95751.33	84445.63
9	PG Ngadiredjo	241531.42	311053.34	323878.40	339808.96	308537.92
10	PG Toelangan	59563.10	70630.82	66468.19	79556.99	84446.88
11	PG Modjopanggoong	120978.46	150829.86	119795.90	168069.15	137937.06

**Tabel 3.4** Jumlah Bagas yang Mampu Dipasok Pabrik-Pabrik Gula PTPN X Tahun 2004-2008

No.	Nama	Supply Bagas ( Ton ) 18%				
		2004	2005	2006	2007	2008
1	PG Djombang Baru	17547.84	20019.63	20940.29	26897.05	26499.97
2	PG Tjoekir	22214.76	28180.54	28512.20	34990.26	33457.62
3	PG Lestari	24913.21	33898.52	31615.79	43093.27	31210.90
4	PG Gempolkrep	49846.16	53496.25	52429.16	65508.21	58090.00
5	PG Meritjan	17442.42	20794.55	19363.29	25797.52	20996.74

6	PG Pesantren Baru	44304.44	51918.44	52472.48	55113.81	52967.04
7	PG Watoetoelis	19721.55	21195.50	19535.82	24237.01	20112.97
8	PG Kremboong	13988.94	15015.43	14893.37	17235.24	15200.21
9	PG Ngadiredjo	43475.66	55989.60	58298.11	61165.61	55536.83
10	PG Toelangan	10721.36	12713.55	11964.27	14320.26	15200.44
11	PG Modjopanggoong	21776.12	27149.37	21563.26	30252.45	24828.67

**Tabel 3.4** Jumlah Bagas yang Mampu Dipasok Pabrik-Pabrik Gula PTPN X  
Tahun 2004-2008 (sambungan)

No.	Nama	Supply Bagas ( Ton ) 19%				
		2004	2005	2006	2007	2008
1	PG Djombang Baru	18522.72	21131.83	22103.64	28391.33	27972.19
2	PG Tjoekir	23448.91	29746.12	30096.21	36934.16	35316.37
3	PG Lestari	26297.28	35781.77	33372.23	45487.34	32944.84
4	PG Gempolkrep	52615.40	56468.27	55341.89	69147.55	61317.22
5	PG Meritjan	18411.44	21949.80	20439.03	27230.71	22163.23
6	PG Pesantren Baru	46765.80	54802.80	55387.61	58175.69	55909.65
7	PG Watoetoelis	20817.20	22373.03	20621.15	25583.51	21230.36
8	PG Kremboong	14766.10	15849.62	15720.78	18192.75	16044.67
9	PG Ngadiredjo	45890.97	59100.14	61536.90	64563.70	58622.20
10	PG Toelangan	11316.99	13419.86	12628.96	15115.83	16044.91
11	PG Modjopanggoong	22985.91	28657.67	22761.22	31933.14	26208.04

**Tabel 3.4** Jumlah Bagas yang Mampu Dipasok Pabrik-Pabrik Gula PTPN X  
Tahun 2004-2008 (sambungan)

No.	Nama	Supply Bagas ( Ton ) 20%				
		2004	2005	2006	2007	2008
1	PG Djombang Baru	19497.60	22244.03	23266.99	29885.61	29444.41
2	PG Tjoekir	24683.07	31311.71	31680.22	38878.07	37175.13
3	PG Lestari	27681.34	37665.02	35128.66	47881.41	34678.78
4	PG Gempolkrep	55384.63	59440.28	58254.62	72786.90	64544.44
5	PG Meritjan	19380.47	23105.06	21514.76	28663.91	23329.72
6	PG Pesantren Baru	49227.16	57687.16	58302.75	61237.57	58852.26
7	PG Watoetoelis	21912.84	23550.55	21706.47	26930.01	22347.74
8	PG Kremboong	15543.26	16683.81	16548.19	19150.27	16889.13
9	PG Ngadiredjo	48306.28	62210.67	64775.68	67961.79	61707.58
10	PG Toelangan	11912.62	14126.16	13293.64	15911.40	16889.38
11	PG Modjopanggoong	24195.69	30165.97	23959.18	33613.83	27587.41

Berdasarkan hasil perhitungan minimum bagas yang mampu dipasok oleh seluruh pabrik gula PTPN X, yaitu sebesar 18% dari bagas yang dihasilkan seperti yang ditampilkan tabel 3.3, dapat dipastikan bahwa jumlah minimal tersebut (342.124 ton) sudah jauh melebihi total kebutuhan bagas pabrik bioetanol yang sejumlah 158.000 ton dalam satu tahun. Oleh karena itu, sangat memungkinkan bagi pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu ini untuk menjadikan pabrik-pabrik gula PTPN X sebagai pihak pemasok bahan baku utama.

### 3.4 Penentuan Alternatif Kandidat Lokasi

Pada langkah awal penentuan lokasi pabrik, alternatif lokasi pendirian pabrik ini dibatasi pada wilayah kabupaten-kabupaten yang di dalamnya terdapat pabrik gula. Tujuan dari pemilihan ini adalah untuk mendekatkan lokasi pabrik dengan pemasok bahan baku utama. Dengan demikian, alternatif awal dari lokasi pabrik bioetanol ini meliputi enam kabupaten tempat berdirinya pabrik-pabrik gula PTPN X, yaitu Jombang, Kediri, Mojokerto, Nganjuk, Sidoarjo, dan Tulungagung.

Dari keenam alternatif lokasi yang ada, selanjutnya akan dilakukan pemilihan tiga kandidat lokasi dari enam alternatif yang ada. Tahap ini bertujuan untuk menyederhanakan jumlah pilihan dengan mendapatkan tiga kandidat lokasi pabrik yang akan menghasilkan biaya transportasi terendah untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan model matematis dua langkah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F(i=k): \text{Min } \sum_{j} h_{j,dij} \cdot X_{ij}, \text{ dengan: } \sum_{j} h_{j} \cdot X_{ij} &\geq 158.000 \\ \text{Min } \sum F_i \cdot A_i, \text{ dengan: } \sum A_i &= 3 \end{aligned} \quad (3.1)$$

keterangan:

$h$  = jumlah rata-rata pasokan bagas

$d$  = jarak

$X_{ij} = 1 \rightarrow$  jika pabrik gula  $j$  memasok bagas ke pabrik di lokasi  $I$

$= 0 \rightarrow$  jika pabrik gula  $j$  tidak memasok bagas ke pabrik di lokasi  $I$

$F$  = nilai fungsi jarak tempuh dari kandidat lokasi pabrik

$A_i = 1 \rightarrow$  jika pabrik bioetanol di lokasi  $i$  dipilih

$= 0 \rightarrow$  jika pabrik bioetanol di lokasi  $i$  tidak dipilih

i = lokasi alternatif pabrik bioetanol

j = pabrik gula

**Tabel 3.5** Jumlah Rata-Rata Bagas yang Mampu Dipasok

No.	Nama	Mean Supply Bagas
1	PG Djombang Baru	22380.96
2	PG Tjoekir	29471.07
3	PG Lestari	32946.34
4	PG Gempolkrep	55873.96
5	PG Meritjan	20878.9
6	PG Pesantren Baru	51355.24
7	PG Watoetoelis	20960.57
8	PG Kremboong	15266.64
9	PG Ngadiredjo	54893.16
10	PG Toelangan	12983.98
11	PG Modjopanggoong	25113.98

**Tabel 3.6** Jarak antara Pabrik Gula dengan Alternatif Lokasi Pabrik Bioetanol

No.	Nama	Jarak dari Jombang	Jarak dari Kediri	Jarak dari Mojokerto	Jarak dari Nganjuk	Jarak dari Sidoarjo	Jarak dari Tulungagung
1	PG Djombang Baru	2	93.6	27.1	88.7	28.2	124
2	PG Tjoekir	13.7	44.9	29.9	40	75.1	75.4
3	PG Lestari	14.8	75.2	8.4	77.3	43.3	106
4	PG Gempolkrep	30.3	100	38.5	95.5	20.4	132
5	PG Meritjan	42.7	30.2	44.8	25.2	89.9	60.6
6	PG Pesantren Baru	49.2	2.3	72.7	30.2	118	32.7
7	PG Watoetoelis	49.8	35.9	111	67.6	155	4.7
8	PG Kremboong	56.4	16	90.6	47.7	135	15.2
9	PG Ngadiredjo	60.7	4.7	79.2	36.5	124	35.2
10	PG Toelangan	61.9	46.7	39.9	43.2	79.4	77.2
11	PG Modjopanggoong	80.5	107	31.3	102	12.7	137

**Tabel 3.7** Hasil Perhitungan dalam Pemilihan Kandidat Lokasi

i	Alternatif lokasi pabrik-i	$\Sigma F_i.A_i$
1	Jombang	3911812.8
2	Kediri	2402956.8
3	Mojokerto	4307359.1
4	Nganjuk	6115161.8
5	Sidoarjo	8341754.9
6	Tulungagung	3825396.0

Melalui perhitungan dengan menggunakan model matematis di atas, lokasi alternatif pabrik bioetanol  $i$  yang dipilih adalah  $i = 1$  (Jombang),  $i = 2$  (Kediri), dan  $i = 6$  (Tulungagung). Untuk data jarak antara masing-masing pabrik gula dengan alternatif lokasi pabrik bioetanol pada tabel 3.6 di atas, didapatkan melalui penggunaan bantuan peta digital. Peta digital yang digunakan adalah aplikasi Googlemaps yang dapat diakses melalui situs [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com).

### 3.5 Biaya Tetap

Komponen biaya tetap yang diperhitungkan adalah biaya yang memiliki nilai berbeda antara setiap kandidat lokasi yang ada.

#### 3.5.1 Biaya Pembelian Tanah

Meskipun luas area lahan yang diperlukan untuk membangun pabrik di setiap kandidat lokasi adalah sama, yaitu seluas 6 hektar atau 60.000 m<sup>2</sup>, namun biaya pembelian tanah untuk setiap kandidat lokasi akan berbeda. Berdasarkan hasil observasi melalui situs-situs bidang properti, harga tanah untuk kandidat lokasi di kabupaten Jombang, Kediri, dan Tulungagung adalah Rp. 750.000, Rp. 850.000, dan Rp. 630.000, dimana harga tersebut diasumsikan sudah termasuk biaya pembebasan tanah. Dengan demikian, biaya pembelian tanah yang harus dikeluarkan pada masing-masing kandidat Jombang, Kediri, dan Tulungagung secara berturut-turut adalah sebesar Rp 45.000.000.000, Rp. 51.000.000.000, dan Rp. 37.800.000.000.

#### 3.5.2 Suku Bunga Deposito Berjangka

Untuk melakukan perhitungan nilai *equivalen uniform annual cost*, nilai MARR yang digunakan pada investasi ini adalah nilai suku bunga deposito

berjangka 12 bulan untuk kategori bank persero nasional. Pada variabel ini akan dilakukan uji tipe distribusi yang sesuai, yang akan digunakan sebagai input dalam simulasi Monte Carlo pada tahap berikutnya.

**Tabel 3.8** Suku Bunga Deposito Berjangka 12 Bulan Bank Persero

No.	Tahun	Bulan	Suku Bunga	No.	Tahun	Bulan	Suku Bunga
1	2007	1	11.38	21	2008	9	10.5
2	2007	2	10.57	22	2008	10	10.73
3	2007	3	10.23	23	2008	11	10.88
4	2007	4	9.9	24	2008	12	11.44
5	2007	5	9.73	25	2009	1	11.55
6	2007	6	9.69	26	2009	2	11.7
7	2007	7	9.53	27	2009	3	11.76
8	2007	8	9.38	28	2009	4	11.76
9	2007	9	9.22	29	2009	5	11.74
10	2007	10	9.04	30	2009	6	11.68
11	2007	11	8.92	31	2009	7	11.64
12	2007	12	8.41	32	2009	8	11.55
13	2008	1	8.26	33	2009	9	10.97
14	2008	2	7.92	34	2009	10	10.8
15	2008	3	7.86	35	2009	11	10.68
16	2008	4	7.73	36	2009	12	9.4
17	2008	5	7.64	37	2010	1	8.69
18	2008	6	7.7	38	2010	2	8.47
19	2008	7	8.66	39	2010	3	8.07
20	2008	8	9.11	40	2010	4	7.79

Sumber: Bank Indonesia

### 3.6 Biaya Operasional Tahunan

#### 3.6.1 Biaya Tenaga Kerja

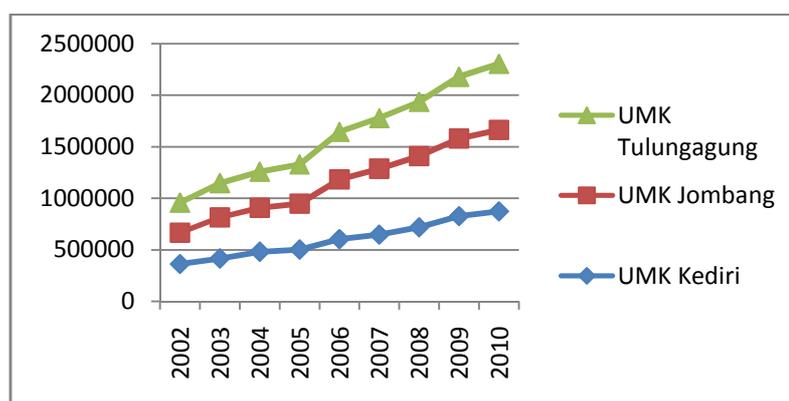
Dalam biaya tenaga kerja, komponen biaya yang nilainya signifikan ditentukan oleh lokasi berdirinya pabrik (nilainya akan berbeda antara satu kandidat lokasi dengan kandidat yang lain) adalah pada nilai UMK (upah minimum kabupaten). Berikut akan ditampilkan data UMK untuk ketiga kandidat lokasi tersebut selama 9 tahun pada tabel 3.9.

**Tabel 3.9** UMK Tiap Kandidat Lokasi

Tahun	Kediri	Jombang	Tulungagung
2002	361000	304512	290000
2003	415000	398000	332500
2004	480000	426500	349000
2005	501000	445000	381000
2006	602000	580000	460000
2007	645000	640000	490000
2008	717000	690000	526000
2009	825000	752500	600000
2010	871000	790000	641000

Sumber: APINDO

Berdasarkan spesifikasi pabrik yang telah disebutkan di awal bab ini, pabrik bioetanol pada penelitian ini akan beroperasi selama 20 tahun, yang direncanakan mulai beroperasi pada tahun 2013. Dengan demikian, pabrik akan beroperasi, setidaknya hingga tahun 2032. Untuk memperkirakan nilai UMK masing-masing kandidat lokasi selama pabrik bioetanol ini beroperasi, dilakukanlah peramalan (*forecasting*) terhadap nilai UMK tersebut. Sebelum melakukan peramalan, akan dilihat pola pergerakan data historis UMK ketiga kabupaten tersebut selama sembilan tahun terakhir.

**Gambar 3.2** UMK Ketiga Kandidat Lokasi

Berdasarkan pola pergerakan UMK masing-masing kabupaten selama sembilan tahun tersebut, terlihat kecenderungan yang terus meningkat (*trend* meningkat) dengan peningkatan cenderung linear. Oleh karena itu, beberapa teknik peramalan yang akan diuji tingkat kesesuaiannya untuk memperkirakan

nilai UMK tersebut, adalah teknik peramalan yang memasukkan unsur *trend*. Teknik peramalan yang diuji tersebut adalah regresi linear terhadap waktu, penghalusan eksponensial tunggal dengan trend, dan penghalusan eksponensial ganda dengan trend. Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan peramalan dan menguji kesesuaian teknik peramalan ini adalah Forecasting Model FC.

**Tabel 3.10** Perbandingan Nilai MSE untuk Peramalan UMK Kediri

No.	Teknik	MSE	Keterangan	
1	Linear Regression with Time	3.7E +08		
2	Single Exponential Smoothing with Trend	9.9E +09	$\alpha = 0.3$	$\beta = 0.3$
3		3.9E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.3$
4		1.9E +09	$\alpha = 0.9$	$\beta = 0.3$
5		3.9E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.3$
6		32.3E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.5$
7		1.4E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.9$
8				
9		1.9E +09	$\alpha = 0.9$	$\beta = 0.9$
10		2.6E +09	$\alpha = 1$	$\beta = 1$
11		Double Exponential Smoothing with Trend	6.0E +09	$\alpha = 0.3$
12	2.0E +09		$\alpha = 0.5$	
13	2.1E +09		$\alpha = 0.9$	

Tabel 3.10 memperlihatkan hasil pengujian *error* (tingkat kesalahan peramalan) dengan indikator MSE (*mean square error*) untuk ketiga teknik peramalan pada peramalan nilai UMK Kediri. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, teknik yang paling sesuai digunakan untuk meramalkan nilai UMK Kediri, yaitu teknik dengan nilai MSE terendah, adalah regresi linear terhadap waktu. Pada pengujian tersebut, dengan mengubah-ubah parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ , ternyata tetap tidak berpengaruh pada pemilihan teknik peramalan yang sesuai. Untuk itu, pengujian *error* teknik peramalan untuk peramalan nilai UMK Jombang dan Tulungagung, tidak lagi dilakukan dengan mengubah-ubah parameter  $\alpha$  dan  $\beta$ .

Berdasarkan hasil pengujian *error* untuk peramalan nilai UMK Jombang dan Tulungagung, seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.11 dan 3.12, teknik peramalan yang paling sesuai untuk memperkirakan nilai UMK Jombang dan Tulungagung di masa depan adalah regresi linear terhadap waktu. Hasil perkiraan

nilai UMK Kediri, Jombang, dan Tulungagung dengan menggunakan teknik regresi linear terhadap waktu, dapat dilihat pada tabel 3.13.

**Tabel 3.11** Perbandingan Nilai MSE untuk Peramalan UMK Jombang

No.	Teknik	MSE	Keterangan	
1	Linear Regression with Time	5.2E +08		
2	Single Exponential Smoothing with Trend	3.2E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.5$
3	Double Exponential Smoothing with Trend	2.8E +09	$\alpha = 0.5$	

**Tabel 3.12** Perbandingan Nilai MSE untuk Permalan UMK Tulungagung

No.	Teknik	MSE	Keterangan	
1	Linear Regression with Time	2.2E +08		
2	Single Exponential Smoothing with Trend	1.2E +09	$\alpha = 0.5$	$\beta = 0.5$
3	Double Exponential Smoothing with Trend	1.0E +09	$\alpha = 0.5$	

**Tabel 3.13** Hasil *Forecasting* Nilai UMK

No.	Tahun	UMK		
		Kediri	Jombang	Tulungagung
1	2011	925888	869122	674625
2	2012	990688	931246	719116
3	2013	1055489	993370	763608
4	2014	1120289	1055495	808100
5	2015	1185089	1117619	852591
6	2016	1249889	1179744	897083
7	2017	1314689	1241868	941575
8	2018	1379489	1303992	986066
9	2019	1444289	1366116	1030558
10	2020	1509089	1428240	1075050
11	2021	1573889	1490365	1119542
12	2022	1638689	1552489	1164034
13	2023	1703489	1614613	1208525
14	2024	1768289	1676737	1253017
15	2025	1833089	1738861	1297509
16	2026	1897889	1800986	1342000
17	2027	1962689	1863110	1386492
18	2028	2027489	1925234	1430984
19	2029	2092289	1987358	1475475
20	2030	2157089	2049483	1519967
21	2031	2221889	2111607	1564459
22	2032	2286689	2173731	1608950

Untuk menentukan nilai biaya tenaga kerja, diperlukan perhitungan kebutuhan tenaga kerja dalam seluruh aktifitas pabrik. Perhitungan jumlah kebutuhan tenaga kerja pabrik dapat dilihat pada tabel 3.14. Berdasarkan penjabaran kebutuhan tenaga kerja tersebut, total kebutuhan tenaga kerja di pabrik bioetanol dengan bahan baku ampas tebu ini adalah sejumlah 697 personel.

**Tabel 3.14** Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja

No	Kegiatan Perlakuan Awal Bagas	Jumlah Pesonel
1	Pembuatan media tanam jamur	20
2	Pembuatan baglog	4
3	Transfer baglog ke tungku	30
4	Sterilisasi	4
5	Proses pendinginan baglog	30
6	Pembibitan jamur ke dalam media tanam bagas	180
7	Penyusunan baglog di ruang inkubasi	4
8	Inkubasi baglog	10
9	Pembukaan Baglog dan perubahan posisi baglog	95
10	Penyiraman baglog	3
11	Pemisahan jamur dari bagas	140
<b>Total Jumlah Personel Perlakuan Awal Bagas</b>		<b>520</b>

NO	Kegiatan / Fasilitas Penunjang	JUMLAH PERSONEL
1	Pergudangan dan pengangkutan material	40
2	Cleaning Service Produksi	8
3	Cleaning Service Kantor	6
4	Kantin	5
5	Maintanance Shop & Tools	5
6	Musholla	1
7	Pusat Kesehatan Karyawan	3
8	Resepsionis	2
9	Pos Keamanan A	7
10	Pos Keamanan B	7
11	Keamanan Pabrik	30
<b>Total Jumlah Personel Pelayanan Pabrik</b>		<b>74</b>

**Tabel 3.14** Jumlah Kebutuhan Tenaga Kerja (sambungan)

No	Posisi Kerja Tetap	Jumlah Personel
1	Direktur Utama	1
2	Sekretaris Dirut	1
3	Manajer Sumber Daya Manusia	1
4	As. Man. SDM	1
5	Staff SDM	3
6	Manajer Marketing & Finance	1
7	As. Man. Marketing&Finance	1
8	K/S Marketing	1
9	Staff Marketing	2
10	K/S Finance	1
11	Staff Finance	3
12	Manajer Produksi	1
13	As. Man. Produksi	1
14	K/S R&D	1
15	Staff R&D	3
16	K/S Quality Control (QC)	1
17	Staff Quality Control (QC)	3
18	K/S Maintenance	1
19	Staff Maintenance	3
20	K/S Produksi	1
21	Foreman Produksi	4
22	Staff Produksi	32
23	Foreman Utility	4
24	Staff Utility	32
<b>Total Jumlah Personel Kantor dan Pabrik</b>		<b>103</b>

### 3.6.2 Biaya Transportasi

Biaya transportasi yang diperhitungkan pada bagian ini adalah transportasi bahan baku utama (bagas) dari pihak pemasok (pabrik gula) untuk kebutuhan produksi pabrik bioetanol ini. Transportasi bahan baku akan dilakukan dengan menggunakan truk diesel jenis 135 PS dengan muatan maksimum 10 ton. Dalam perhitungan, dianggap bahwa konsumsi bahan bakar truk dengan muatan 9 ton adalah sebanyak 15 liter solar untuk setiap jarak 20 km. Dengan harga solar Rp 4.500/ liter, biaya transportasi truk dengan muatan 9 ton adalah Rp 3.375/ km.

Jarak yang harus ditempuh oleh truk adalah dua kali lipat (dengan perjalanan pergi-pulang) jarak antara pabrik gula dengan pabrik bioetanol untuk memenuhi kebutuhan bahan baku sebesar 158.000 ton bagas tiap tahun. Nilai jarak ini bersifat probabilistik karena dipengaruhi variabel pasokan bagas dari masing-masing pabrik gula yang nilainya juga bersifat probabilistik.

Nilai kemungkinan pasokan bagas dari masing-masing pabrik gula yang ada dapat dilihat kembali pada tabel 3.4. Data tersebut selanjutnya akan diuji tipe distribusi yang sesuai, yang akan digunakan sebagai input dalam simulasi Monte Carlo untuk menentukan nilai biaya tahunan total dari masing-masing alternatif kandidat lokasi pabrik bioetanol.

### **3.7 Perhitungan Nilai Biaya Tahunan dengan Simulasi Monte Carlo**

#### **3.7.1 Simulasi dan Perhitungan Biaya**

Pada perhitungan nilai biaya tahunan setiap kandidat lokasi dalam penelitian ini, digunakan simulasi Monte Carlo. Besarnya nilai keluaran (*output*) berupa biaya yang nilainya dipengaruhi oleh variabel masukan (*input*) yang bersifat probabilistik, akan disimulasikan. Variabel input yang bersifat probabilistik dalam model perhitungan ini yaitu:

1. Nilai MARR, yang nilainya menggunakan tingkat suku bunga deposito berjangka 12 bulan bank persero nasional (tabel 3.8)
2. Besarnya kemampuan pasokan bagas dari masing-masing pabrik gula (tabel 3.4)

Variabel keluaran dalam model perhitungan yang nilainya ditentukan oleh nilai variabel-variabel masukan di atas adalah:

1. Jumlah bahan baku bagas yang diambil dari masing-masing pabrik gula
2. Biaya transportasi untuk memasok bahan baku (bagas) dari masing-masing pemasok (pabrik gula) ke pabrik bioetanol. Biaya ini diperoleh dengan persamaan jumlah perjalanan (secara pergi-pulang) truk untuk mengambil bagas (yang mampu dipasok) dimulai dari pemasok yang

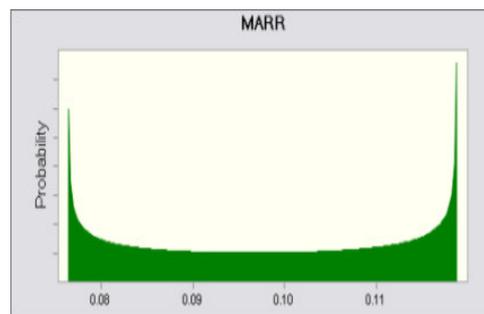
letaknya paling dekat, sampai jumlah kebutuhan bagas sejumlah 158.000 ton dipenuhi.

3. Total biaya transportasi bahan baku tahunan, yang nilainya merupakan penjumlahan dari biaya transportasi untuk memasok bagas dari masing-masing pemasok dalam setahun.
4. Nilai tahunan (seragam) dari biaya pembelian tanah.
5. Nilai tahunan (seragam) dari biaya tenaga kerja.
6. Biaya tahunan total (*equivalent uniform annual cost*)

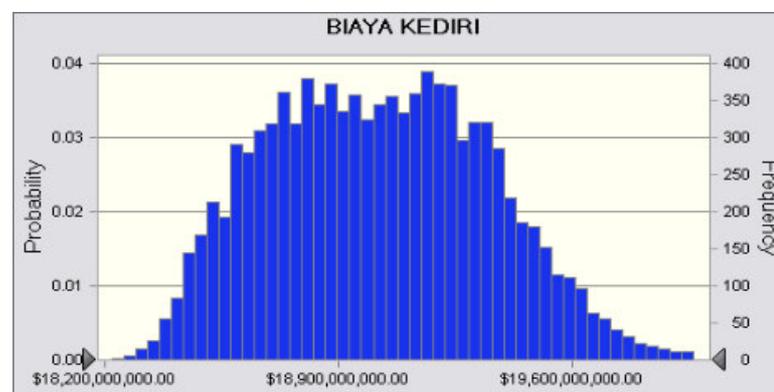
Simulasi dijalankan dengan 10.000 *trial* untuk setiap kali simulasi dijalankan dengan tingkat kepercayaan (*confidence level*) sebesar 95%.

### 3.7.2 Hasil Simulasi

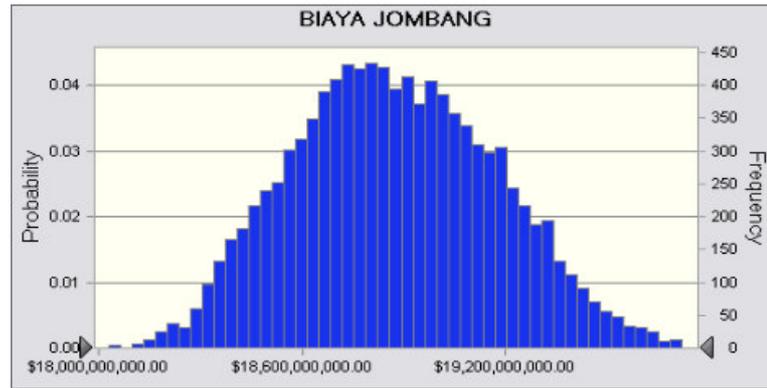
Berikut ini akan ditampilkan beberapa hasil simulasi perhitungan biaya tahunan kandidat lokasi untuk pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.



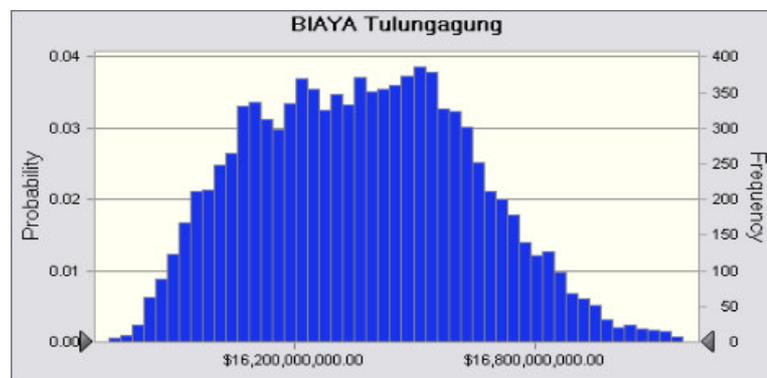
**Gambar 3.3** Distribusi Probabilitas MARR



**Gambar 3.4** Probabilitas Total Biaya Tahunan Lokasi Kediri



**Gambar 3.5** Probabilitas Total Biaya Tahunan Lokasi Jombang



**Gambar 3.6** Probabilitas Total Biaya Tahunan Lokasi Tulungagung

**Tabel 3.15** Total Biaya Tahunan Ketiga Kandidat Lokasi

	Total Biaya Tahunan		
	Kediri	Jombang	Tulungagung
Mean	Rp19,022,705,130.69	Rp18,873,557,915.62	Rp16,374,815,746.85
Stdev	Rp335,996,183.36	Rp302,074,878.32	Rp283,002,845.77



**Gambar 3.7** Probabilitas Biaya Tenaga Kerja Tahunan Lokasi Kediri



**Gambar 3.8** Probabilitas Biaya Tenaga Kerja Tahunan Lokasi Jombang



**Gambar 3.9** Probabilitas Biaya Tenaga Kerja Tahunan Lokasi Tulungagung

**Tabel 3.16** Biaya Tenaga Kerja Tahunan (Uniform) Ketiga Kandidat Lokasi

	Total Biaya Tenaga Kerja		
	Kediri	Jombang	Tulungagung
Mean	Rp 11,893,984,143.14	Rp 11,245,814,780.97	Rp 8,503,414,355.78
Stdev	Rp 300,985,531.31	Rp 284,947,955.06	Rp 208,345,533.74



**Gambar 3.10** Probabilitas Biaya Transportasi Tahunan Lokasi Kediri



**Gambar 3.11** Probabilitas Biaya Transportasi Tahunan Lokasi Jombang



**Gambar 3.12** Probabilitas Biaya Transportasi Tahunan Lokasi Tulungagung

**Tabel 3.17** Biaya transportasi tahunan ketiga kandidat lokasi

	Total Biaya Transportasi		
	Kediri	Jombang	Tulungagung
Mean	Rp1,200,110,724.32	Rp2,402,272,123.94	Rp3,480,009,531.77
Stdev	Rp201,034,084.71	Rp211,388,477.17	Rp184,738,696.26



**Gambar 3.13** Probabilitas Biaya Pembelian Tanah Tahunan Lokasi Kediri



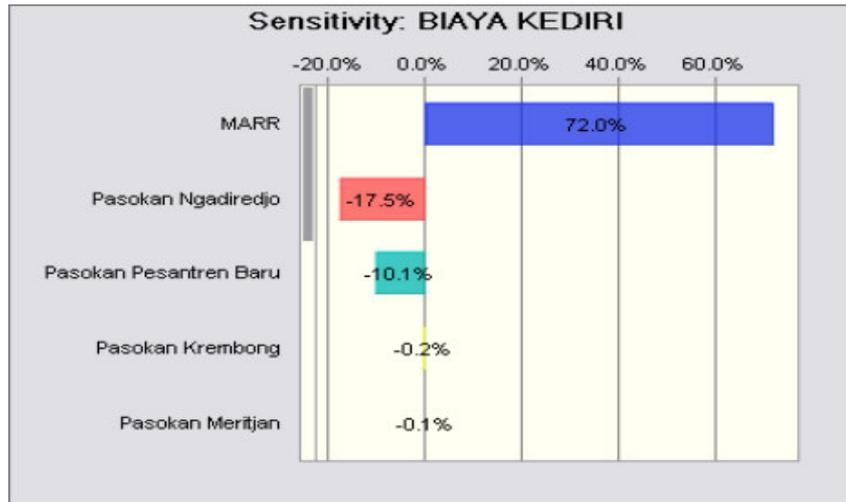
**Gambar 3.14** Probabilitas Biaya Pembelian Tanah Tahunan Lokasi Jombang



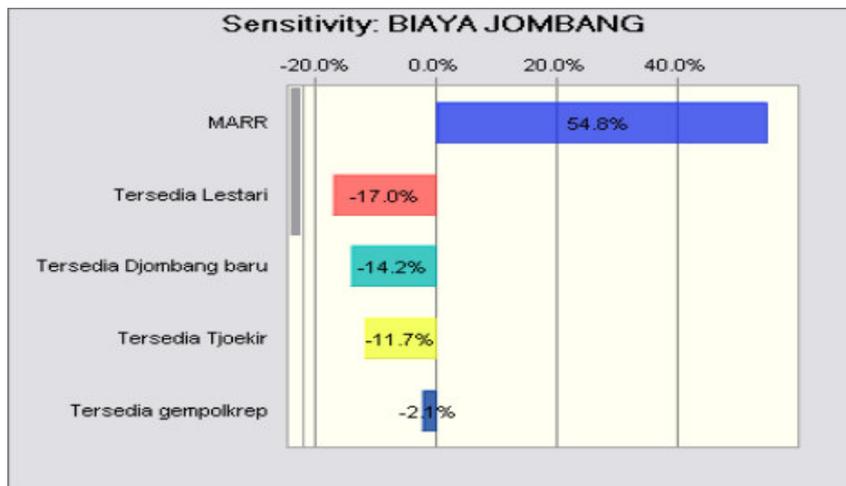
**Gambar 3.15** Probabilitas Biaya Pembelian Tanah Tahunan Lokasi Tulungagung

**Tabel 3.18** Biaya Pembelian Tanah Tahunan Ketiga Kandidat Lokasi

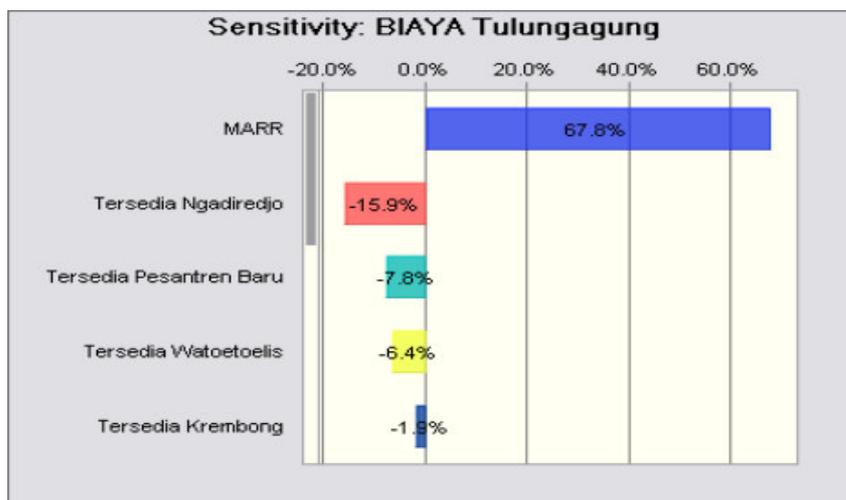
	Total Biaya Tanah		
	Kediri	Jombang	Tulungagung
Mean	Rp5,928,610,263.23	Rp5,225,471,010.71	Rp4,391,391,859.30
Stdev	Rp571,377,656.14	Rp499,435,360.05	Rp423,169,608.78



**Gambar 3.16** Grafik Sensitivitas Biaya Total Lokasi Kediri



**Gambar 3.17** Grafik Sensitivitas Biaya Total Lokasi Jombang



**Gambar 3.18** Grafik Sensitivitas Biaya Total Lokasi Tulungagung

### 3.8 Penentuan Faktor Resiko

Faktor resiko utama dalam penentuan lokasi sebuah pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu ditentukan melalui penelitian dengan menggunakan metode Delphi. Responden atau peserta yang dilibatkan dalam penelitian dengan metode Delphi adalah para pakar atau ahli yang memiliki kualifikasi dan pengalaman yang memadai. Responden yang dilibatkan dalam penelitian metode Delphi ini sebanyak tiga orang. Ketiganya merupakan para pakar yang telah lama berkecimpung di industri bioetanol Indonesia dengan pengalaman sebagai berikut:

1. Responden pertama ialah seorang pengusaha bioetanol yang saat ini tergabung dalam Asosiasi Pengusaha Bioetanol Indonesia (APBI). Responden tersebut saat ini menduduki salah satu posisi ketua Asosiasi Pengusaha Bioetanol Indonesia.
2. Responden kedua ialah seorang sarjana teknik kimia yang telah terjun langsung dan mendalami *business process* bioetanol selama lebih dari 2 tahun di salah satu perusahaan produsen bioetanol terbesar di Indonesia.
3. Responden ketiga ialah juga merupakan seorang sarjana teknik kimia yang telah terjun langsung dan mendalami *business process* bioetanol selama 2 tahun di salah satu perusahaan produsen bioetanol terbesar di Indonesia.

Metode Delphi dalam penelitian ini dilaksanakan dalam dua putaran. Pada putaran pertama, pertanyaan yang diajukan adalah sebagai berikut:

1. Faktor apa saja yang menjadi bahan pertimbangan utama dan mengandung resiko dalam penentuan lokasi sebuah pabrik bioetanol di Indonesia?
2. Berikan penilaian pada faktor-faktor yang telah disebutkan dengan angka 1-10 dengan 10 sebagai yang tertinggi (penting).

Hasil jawaban para pakar pada putaran pertama, dengan jawaban yang tidak diurutkan berdasarkan nomor responden (nomor responden acak) akan ditampilkan pada tabel 3.19. Hasil ini akan dijadikan sebagai umpan balik kepada para responden pada putaran kedua.

**Tabel 3.19** Rekapitulasi Jawaban Putaran I Metode Delphi

Faktor	Nilai		
	Responden 1	Responden 2	Responden 3
Ketersediaan dan kedekatan dengan sumber bahan baku	9	9	9
Ketersediaan utilitas pabrik	7	8	7
Transportasi	6	7	5
Tenaga kerja	-	6	-
Sarana pengolahan limbah	5	-	-
Suhu udara (iklim)	-	5	-
Keamanan	4	-	4
Perizinan	-	-	3

Dari hasil jawaban penelitian Delphi putaran pertama, dapat terlihat bahwa 3 faktor yang sama-sama disebutkan oleh ketiga responden dengan penilaian tinggi adalah faktor ketersediaan dan kedekatan dengan sumber bahan baku, ketersediaan utilitas pabrik, dan transportasi. Pada putaran kedua, hasil rekapitulasi jawaban pada putaran pertama akan diinformasikan kepada responden, dan dijadikan dasar untuk mengajukan pertanyaan lanjutan. Pertanyaan yang diajukan pada putaran kedua adalah:

1. Apakah Anda setuju bahwa faktor ketersediaan dan kedekatan dengan sumber bahan baku, ketersediaan utilitas pabrik, dan transportasi menjadi 3 faktor terpenting dan mengandung resiko dalam penentuan lokasi pabrik bioetanol di Indonesia? Jika tidak, silahkan lanjut langsung ke pertanyaan no. 3. Jika ya, silahkan lanjut ke pertanyaan no.2 tanpa harus menjawab pertanyaan no.3.
2. Berikan bobot perbandingan antar-faktor yang berpasangan berikut (Tabel 3.20) pada sisi yang lebih dekat pada faktor yang diprioritaskan (lebih utama)

**Tabel 3.20** Perbandingan Berpasangan

Bahan baku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilitas
Utilitas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transportasi
Transportasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bahan baku

Keterangan:

Skala	Definisi
1	Sama pentingnya
3	Sedikit lebih penting
5	Lebih penting
7	Sangat lebih penting
9	Mutlak lebih penting
2,4,6,8,	Nilai tengah

3. Sebutkan 3 faktor utama yang menjadi bahan pertimbangan dan mengandung resiko dalam penentuan lokasi sebuah pabrik bioetanol di Indonesia?

Pada putaran kedua, ketiga responden menjawab “Ya” pada pertanyaan no.1. Hasil rekapitulasi jawaban responden pada seri pertanyaan putaran kedua ditampilkan pada tabel 3.21 di bawah ini.

**Tabel 3.21** Rekapitulasi Jawaban Putaran II Metode Delphi

Bahan baku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilitas
Bahan baku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilitas
Bahan baku	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Utilitas
Utilitas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transportasi
Utilitas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transportasi
Utilitas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Transportasi
Transportasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bahan baku
Transportasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bahan baku
Transportasi	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Bahan baku

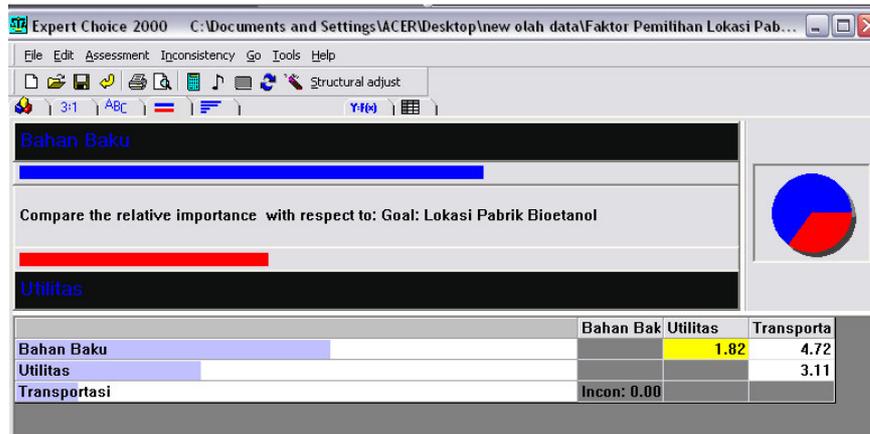
### 3.9 Pembobotan Faktor Resiko

Tahap pertama dalam pembobotan faktor resiko adalah dengan membuat matrix perbandingan dan mengisinya dengan nilai rata-rata geometris dari data pembobotan faktor resiko (putaran kedua metode Delphi).

**Tabel 3.22** Matrix Perbandingan Berpasangan untuk Pembobotan Faktor Resiko

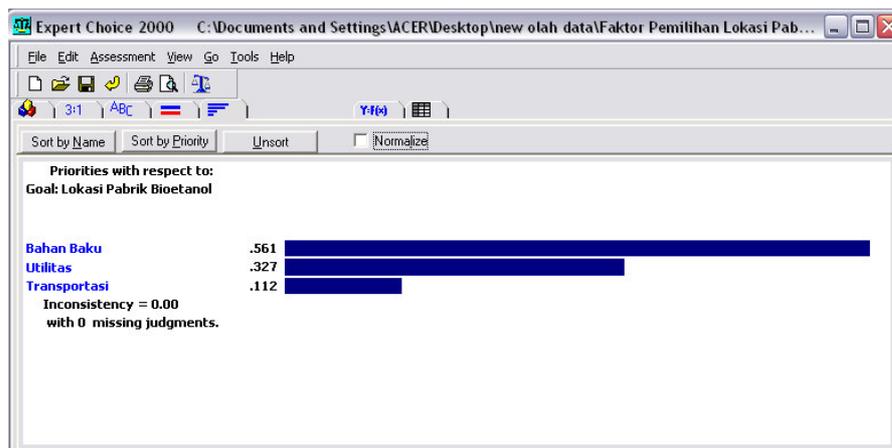
	Bahan baku	Utilitas	Tranpostasi
Bahan baku		$= (3 \cdot 4 \cdot 0.5)^{(1/3)}$	$= (3 \cdot 7 \cdot 5)^{(1/3)}$
Utilitas			$= (5 \cdot 3 \cdot 2)^{(1/3)}$
Tranpostasi			

Untuk menghitung bobot dari setiap faktor resiko berdasarkan matrix perbandingan berpasangan di atas, penulis menggunakan bantuan perangkat lunak Expert Choice 2000. Hasil perhitungan bobot setiap faktor resiko dapat dilihat pada gambar 3.20.



**Gambar 3.19** Matrix Perbandingan Berpasangan (Expert Choice 2000)

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak Expert Choice 2000, diketahui bahwa bobot untuk masing-masing faktor resiko bahan baku, utilitas, dan transportasi berturut-turut adalah sebesar 0.561, 0.327, dan 0.112 dengan ketidakkonsistenan (inconsistency) sebesar 0.00.



**Gambar 3.20** Hasil Perhitungan Bobot Faktor Resiko

### 3.10 Penilaian Faktor Resiko Kandidat Lokasi Pabrik

Proses penilaian faktor resiko dari setiap kandidat lokasi pabrik dilakukan melalui tahapan menentukan indikator dan parameter penilai suatu faktor resiko,

menilai kondisi faktor resiko pada setiap kandidat lokasi berdasarkan parameter penilaian indikator, dan mengkalkulasikan nilai total resiko untuk setiap kandidat lokasi dengan cara mengalikan nilai faktor resiko untuk setiap kandidat dengan bobot dari setiap faktor resiko.

### 3.10.1 Faktor Bahan Baku

Indikator yang dirumuskan untuk melakukan penilaian faktor resiko bahan baku pada masing-masing kandidat lokasi pabrik bioetanol ditampilkan pada tabel 3.23. Kondisi faktor bahan baku pada setiap kandidat lokasi pabrik bioetanol berdasarkan indikator yang telah dirumuskan dapat dilihat pada tabel 3.24 dan penilaian atas kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.25.

**Tabel 3.23** Indikator Penilaian Faktor Bahan Baku

<b>Indikator</b>	<b>Kriteria Penilaian Indikator</b>
1. Kecukupan total bahan baku	1. Jika memenuhi lebih dari total kebutuhan (>1)
	2. Jika memenuhi sama dengan total kebutuhan (=1)
	3. Jika memenuhi kurang dari total kebutuhan (<1)
2. Ketersediaan mandiri bahan baku di kabupaten tersebut	1. Jika memenuhi >80% total kebutuhan
	2. Jika memenuhi 61-80% total kebutuhan
	3. Jika memenuhi 41-60% total kebutuhan
	4. Jika memenuhi 20-40% total kebutuhan
	5. Jika memenuhi <20% total kebutuhan
3. Jumlah pabrik gula yg dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan bagas	1. Jika membutuhkan <5 pabrik gula
	2. Jika membutuhkan 5-8 pabrik gula
	3. Jika membutuhkan >8 pabrik gula
4. Jarak total yang harus ditempuh untuk memenuhi kebutuhan	1. Jika jarak total dalam sehari <2200km
	2. Jika jarak total dalam sehari 2200-3080km
	3. Jika jarak total dalam sehari 3081-3960km
	4. Jika jarak total dalam sehari 3961-4840km
	5. Jika jarak total dalam sehari >4840km

**Tabel 3.24** Kondisi faktor bahan baku di tiap kandidat lokasi

Faktor bahan baku	Kediri	Jombang	Tulungagung
Kecukupan total bahan baku	2.165342	2.165342	2.165341772
Ketersediaan mandiri bahan baku di kabupaten tersebut	0.80	0.33	0.16
Jumlah pabrik gula yg dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan bagas	5	5	5
Jarak total yang harus ditempuh untuk memenuhi kebutuhan (km)	1789.321	3327.975	4823.240

**Tabel 3.25** Penilaian kandidat lokasi pada faktor bahan baku

Faktor bahan baku	Penilaian			Level	Resiko		
	Kdr	Jbg	Tlgg		Kdr	Jbg	Tlgg
Kecukupan total bahan baku	1	1	1	3	0.33	0.33	0.33
Ketersediaan mandiri bahan baku di kabupaten tersebut	1	4	5	5	0.20	0.80	1.00
Jumlah pabrik gula yg dibutuhkan untuk mensuplai kebutuhan bagas	2	2	2	3	0.67	0.67	0.67
Jarak total yang harus ditempuh untuk memenuhi kebutuhan	1	3	4	5	0.20	0.60	0.80
<b>Resiko Faktor Bahan Baku</b>					<b>0.35</b>	<b>0.60</b>	<b>0.70</b>

### 3.10.2 Faktor Utilitas

Indikator yang dirumuskan untuk melakukan penilaian faktor resiko utilitas pabrik pada masing-masing kandidat lokasi pabrik bioetanol ditampilkan pada tabel 3.26. Kondisi faktor utilitas pada setiap kandidat lokasi pabrik bioetanol berdasarkan indikator yang telah dirumuskan pada tabel 3.26 tersebut dapat dilihat pada tabel 3.27 dan penilaian atas kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.28.

**Tabel 3.26** Indikator Penilaian Faktor Utilitas

Indikator	Kriteria Penilaian Indikator
1. Tersambung	1. Jika sudah tersambung dengan jaringan listrik

dengan jaringan listrik	2. Jika belum tersambung jaringan listrik
2. Ketersediaan sumber air	1. Jika terdapat >1 sungai orde satu, > 3 sungai orde dua, dan waduk
	2. Jika terdapat >1 sungai orde satu, > 3 sungai orde dua, namun tidak terdapat waduk
	3. Jika terdapat sungai orde satu dan >5 sungai orde dua atau hanya terdapat >7 sungai orde dua dan terdapat waduk
	4. Jika terdapat sungai orde satu dan >5 sungai orde dua atau hanya terdapat >7 sungai orde dua dan tidak ada waduk
	5. Selain keempat poin di atas

**Tabel 3.27** Kondisi faktor utilitas di tiap kandidat lokasi

Faktor Utilitas	Kediri	Jombang	Tulungagung
Tersambung dengan jaringan listrik yang stabil	Ya	Ya	Ya
Ketersediaan sumber air			
Kapasitas waduk efektif (m2)	46648000	-	121260000
Jumlah sungai orde 1	1	0	6
Jumlah sungai orde 2	19	4	7
Jumlah sungai orde 3	17	9	11
Jumlah sungai orde 4	7	10	12
Jumlah sungai orde 5	12	17	4

Sumber: Bank data pemerintah provinsi Jawa Timur

**Tabel 3.28** Penilaian kandidat lokasi pada faktor utilitas

Faktor Utilitas	Penilaian			Level	Resiko		
	Kdr	Jbg	Tlgg		Kdr	Jbg	Tlgg
Tersambung dengan jaringan listrik	1	1	1	2	0.5	0.5	0.5
Ketersediaan sumber air	3	5	1	5	0.6	1	0.2
	<b>Resiko Faktor Utilitas</b>				<b>0.55</b>	<b>0.75</b>	<b>0.35</b>

### 3.10.3 Faktor Transportasi

Indikator yang dirumuskan untuk melakukan penilaian faktor resiko transportasi pada masing-masing kandidat lokasi pabrik bioetanol ditampilkan pada tabel 3.29. Untuk kondisi faktor transportasi pada setiap kandidat lokasi

pabrik bioetanol berdasarkan indikator yang telah dirumuskan dapat dilihat pada tabel 3.30 dan penilaian atas kondisi tersebut dapat dilihat pada tabel 3.31.

**Tabel 3.29** Indikator Penilaian Faktor Transportasi

Indikator	Kriteria Penilaian Indikator
1. Kondisi jalan	1. Jika total jalan baik dan sedang >80% dari jalan seluruhnya
	2. Jika total jalan baik dan sedang 61-80% dari jalan seluruhnya
	3. Jika total jalan baik dan sedang <60% dari jalan seluruhnya
2. Lapisan jalan	1. Jika total jalan aspal >80% dari jalan seluruhnya
	2. Jika total jalan aspal 61-80% dari jalan seluruhnya
	3. Jika total aspal <60% dari jalan seluruhnya

**Tabel 3.30** Kondisi Faktor Transportasi di Tiap Kandidat Lokasi

Faktor Kondisi Transportasi	Kediri	Jombang	Tulungagung
Kondisi jalan			
Panjang ruas jalan baik (km)	1440602	237796	107.85
Panjang ruas jalan sedang (km)	305880	258591	1039.89
Panjang ruas jalan rusak (km)	147280	49531	841.73
Panjang ruas jalan rusak berat (km)	416670	21179	75.11
% Jalan baik dan sedang	75.59	87.53	55.59
Lapisan jalan			
Panjang ruas jalan aspal	1943612	553372	1317.02
Panjang ruas jalan kerikil	236457	13725	113.28
Panjang ruas jalan tanah	180213		576.88
Panjang ruas jalan lapisan lainnya			
% Jalan aspal	82.3466	97.57978	65.61544057

Sumber: BPS Jawa Timur

**Tabel 3.31** Penilaian Kandidat Lokasi pada Faktor Transportasi

Faktor Kondisi Transportasi	Penilaian			Level	Resiko		
	Kdr	Jbg	Tlgg		Kdr	Jbg	Tlgg
Kondisi jalan	2	1	3	3	0.667	0.3333	1
Lapisan jalan	1	1	2	3	0.333	0.3333	0.666667
<b>Resiko Faktor Bahan Baku</b>					<b>0.50</b>	<b>0.33</b>	<b>0.83</b>

### 3.10.4 Tingkat Resiko untuk Setiap Kandidat Lokasi

Pada tahap pembobotan faktor resiko, telah dikalkulasikan bobot untuk masing-masing faktor resiko bahan baku, utilitas, dan transportasi berturut-turut adalah sebesar 0.561, 0.327, dan 0.112. Untuk tahap selanjutnya, tingkat resiko setiap kandidat lokasi dapat ditentukan dengan mengkalikan bobot dari masing-masing faktor resiko dengan nilai resiko untuk setiap kandidat lokasi seperti yang ditampilkan pada tabel 3.32.

**Tabel 3.32** Tingkat Resiko Total Kandidat Lokasi

Faktor Resiko	Penilaian Resiko			Bobot Faktor Resiko	Tingkat Resiko		
	Kdr	Jbg	Tlgg		Kdr	Jbg	Tlgg
Bahan baku	0.350	0.600	0.700	0.561	0.196	0.337	0.393
Utilitas	0.550	0.750	0.350	0.327	0.180	0.245	0.114
Transportasi	0.500	0.333	0.833	0.112	0.056	0.037	0.093
<b>Total Tingkat Resiko</b>					<b>0.432</b>	<b>0.619</b>	<b>0.600</b>

### 3.11 *Certainty Equivalent Value* Biaya Tahunan

*Certainty equivalent value* merupakan nilai suatu investasi yang sudah melibatkan pengurangan nilai ekonomi yang diharapkan dengan resiko dari varians nilai yang ada (rumus 2.6).

$$CEV = E[x] - R \sigma[x]$$

keterangan:

CEV = *certainty equivalent value*

$E[x]$  = Nilai rata-rata (mean) dari nilai investasi

$R$  = tingkat resiko keseluruhan

$\sigma[x]$  = nilai standar deviasi dari nilai investasi

Dalam perhitungan nilai tahunan dari investasi pabrik bioetanol ini, komponen yang diperhitungkan hanyalah biaya yang tidak melibatkan komponen pendapatan atau keuntungan. Oleh karena itu, faktor  $R \sigma[x]$  yang semula bernilai pengurangan nilai investasi, akan berubah menjadi menambah biaya investasi. Kandidat lokasi pabrik yang akan dipilih sebagai keputusan investasi, adalah yang memiliki *certainty equivalent value* biaya tahunan yang terendah. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut yang dapat dilihat pada tabel 3.33, Tulungagung

menjadi kandidat yang dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.

**Tabel 3.33** *Certainty Equivalent Value* Biaya Tahunan Tiap Kandidat Lokasi

	Total Biaya Tahunan		
	Kediri	Jombang	Tulungagung
Mean ( $E[x]$ )	Rp19,022,705,130.69	Rp18,873,557,915.62	Rp16,374,815,746.85
Stdev ( $\sigma[x]$ )	Rp335,996,183.36	Rp302,074,878.32	Rp283,002,845.77
Tingkat Resiko (R)	0.432	0.619	0.6
Nilai Resiko (R . $\sigma[x]$ )	Rp145,150,351.21	Rp186,984,349.68	Rp169,801,707.46
CEV Biaya tahunan	Rp19,167,855,481.90	Rp19,060,542,265.31	Rp16,544,617,454.32

## BAB 4 PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Biaya Transportasi

Biaya transportasi ditentukan oleh aktifitas pemindahan bahan baku utama (bagas) dari pihak pemasok (pabrik gula) untuk kebutuhan produksi pabrik bioetanol. Minimum total kemampuan pasokan bagas dari seluruh pabrik gula PTPN X adalah sejumlah 342.124 ton dalam satu tahun. Namun demikian, pabrik bioetanol ini hanya membutuhkan 158.000 ton bagas dalam setahun. Oleh karena jumlah kemampuan pasok yang jauh melebihi kebutuhan, tidak semua pabrik gula PTPN X akan menjadi pemasok. Pemilihan pabrik gula yang akan dijadikan pemasok dimulai dari pabrik gula yang terdekat dengan masing-masing kandidat lokasi pabrik, hingga total kebutuhan bagas terpenuhi. Berikut ini adalah urutan pabrik gula yang akan dipilih sebagai pemasok untuk tiap kandidat lokasi pabrik bioetanol.

**Tabel 4.1** Urutan Prioritas Pabrik Gula Untuk Kandidat Lokasi Kediri

No	Nama PG	Jarak dari Kediri	Kemampuan pasok rata-rata	Pasokan yg diambil	Kumulatif pasokan yang diambil
1	Pesantren Baru	2.3	54208.31	54208.31	54208
2	Ngadiredjo	4.7	57942.78	57942.78	112151
3	Kremboong	16	16114.78	16114.78	128266
4	Meritjan	30.2	22038.84	22038.84	150305
5	Watoetoelis	35.9	22125.05	7695.28	158000
6	Tjoekir	44.9	31108.36	0	158000
7	Toelangan	46.7	13705.31	0	158000
8	Lestari	75.2	34776.69	0	158000
9	Djombang Baru	93.6	23624.34	0	158000
10	Gempolkrep	100	58978.06	0	158000
11	Modjopanggoong	107	26509.20	0	158000

Melalui perhitungan manual tanpa simulasi, pabrik gula yang akan dijadikan sebagai pemasok apabila kandidat lokasi Kediri terpilih adalah hanya PG Pesantren Baru, PG Ngediredjo, PG Kremboong, PG Meritjan, dan PG

Watoetoelis. Apabila Kandidat lokasi Jombang yang terpilih, pabrik gula yang dijadikan pemasok adalah hanya PG Djombang Baru, PG Tjoekir, PG Lestari, PG Gempolkrep, dan PG Meritjan. Sedangkan apabila kandidat lokasi Tulungagung yang terpilih, hanya PG Watoetoelis, PG Kremboong, PG Pesantren Baru, PG Ngediredjo, dan PG Meritjan akan terpilih sebagai pihak pemasok.

**Tabel 4.2** Urutan Prioritas Pabrik Gula Untuk Kandidat Lokasi Jombang

No	Nama PG	Jarak dari Jombang	Kemampuan pasok rata-rata	Pasokan yg diambil	Kumulatif pasokan yang diambil
1	Djombang Baru	2	23624.34	23624.34	23624
2	Tjoekir	13.7	31108.36	31108.36	54732
3	Lestari	14.8	34776.69	34776.69	89509
4	Gempolkrep	30.3	58978.06	58978.06	148487
5	Meritjan	42.7	22038.84	9512.55	158000
6	Pesantren Baru	49.2	54208.31	0.00	158000
7	Watoetoelis	49.8	22125.05	0.00	158000
8	Kremboong	56.4	16114.78	0.00	158000
9	Ngadiredjo	60.7	57942.78	0.00	158000
10	Toelangan	61.9	13705.31	0.00	158000
11	Modjopangoong	80.5	26509.20	0.00	158000

**Tabel 4.3** Urutan Prioritas Pabrik Gula Untuk Kandidat Lokasi Tulungagung

No	Nama PG	Jarak dari Tulungagung	Kemampuan pasok rata-rata	Pasokan yg diambil	Kumulatif pasokan yang diambil
1	Watoetoelis	4.7	22125.05	22125	22125
2	Kremboong	15.2	16114.78	16115	38239
3	Pesantren Baru	32.7	54208.31	54208	92448
4	Ngadiredjo	35.2	57942.78	57943	150390
5	Meritjan	60.6	22038.84	7609	158000
6	Tjoekir	75.4	31108.36	0	158000
7	Toelangan	77.2	13705.31	0	158000
8	PG Lestari	106	34776.69	0	158000
9	Djombang Baru	124	23624.34	0	158000
10	Gempolkrep	132	58978.06	0	158000
11	Modjopangoong	137	26509.20	0	158000

Hasil perhitungan manual dengan mengasumsikan kemampuan pasok PG didasarkan pada kemampuan pasok rata-rata (*average*) tidak sama dengan hasil perhitungan melalui simulasi Monte Carlo. Kemampuan pasok dari masing-masing PG terdistribusi secara berbeda-beda dan tidak bersifat uniform. Oleh sebab itu, hasil perhitungan melalui simulasi Monte Carlo adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.1** Pasokan yang Diambil dari PG Tjoekir oleh Kandidat Kediri

Berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo (gambar 4.1), masih terdapat kemungkinan untuk mengambil PG Tjoekir sebagai pemasok apabila Kediri terpilih sebagai lokasi pabrik bioetanol, dengan keterangan deskripsi jumlah pasokan yang tertera pada tabel 4.4 (dalam satuan ton):

**Tabel 4.4** Pasokan yang Diambil dari PG Tjoekir oleh Kandidat Kediri

Deskripsi	Nilai
Mean	352.17
Median	0.00
Mode	0.00
Standard Deviation	1,876.99

Untuk kemungkinan pemilihan pemasok apabila kandidat Jombang terpilih sebagai lokasi pabrik bioetanol, berdasarkan hasil simulasi Monte Carlo (gambar 4.2), masih terdapat kemungkinan untuk mengambil PG Pesantren Baru. Deskripsi gambar 4.2, yaitu jumlah pasokan dari PG Pesantren Baru untuk kandidat lokasi Jombang, tertera dalam tabel 4.5 (dalam satuan ton). Namun demikian, peluang dari terpilihnya PG Pesantren Baru sebagai pemasok kandidat

lokasi Jombang baru muncul ketika simulasi memasuki *percentile* ke 90% seperti yang digambarkan pada tabel 4.6.



**Gambar 4.2** Pasokan yang Diambil dari PG Pesantren Baru oleh Kandidat Jombang

**Tabel 4.5** Pasokan yang Diambil dari PG Pesantren Baru oleh Kandidat Jombang

Deskripsi	Nilai
Mean	25,768,701.72
Median	0.00
Mode	0.00
Standard Deviation	87,216,307.16

**Tabel 4.6** Distribusi Frekuensi Kumulatif Pasokan PG Pesantren Baru untuk Kandidat Jombang

Percentile	Forecast values
0%	0.00
10%	0.00
20%	0.00
30%	0.00
40%	0.00
50%	0.00
60%	0.00
70%	0.00
80%	0.00
90%	71,733,600.00
100%	848,515,500.00

Jauh berbeda dengan hasil perhitungan manual, melalui simulasi (gambar 4.3) Monte Carlo, tidak hanya PG Tjoekir yang masih memungkinkan untuk

dijadikan pemasok, tetapi juga PG Toelangan walau hanya dalam jumlah pasokan yang sangat kecil. Deskripsi gambar 4.3, yaitu jumlah pasokan dari PG Toelangan untuk kandidat lokasi Tulungagung, tertera dalam tabel 4.7 (dalam satuan ton).



**Gambar 4.3** Pasokan yang Diambil dari PG Toelangan oleh Kandidat Tulungagung

**Tabel 4.7** Pasokan yang Diambil dari PG Toelangan oleh Kandidat Tulungagung

Deskripsi	Nilai
Mean	3.28
Median	0.00
Mode	0.00
Standard Deviation	174.53

Untuk hasil perhitungan biaya transportasi tahunan melalui simulasi Monte Carlo (tabel 3.17), biaya terendah ada pada kandidat lokasi Kediri sebesar Rp 1,200,110,724.32, yang diikuti oleh Jombang dengan Rp 2,402,272,123.94 dan Tulungagung sejumlah Rp3,480,009,531.77. Dengan demikian, faktor lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap biaya transportasi yang ditimbulkan. Untuk memasok bahan baku yang sama banyak jumlahnya, kandidat Kediri hanya cukup mengeluarkan biaya transportasi 49.96% dari biaya yang transportasi yang dikeluarkan kandidat Jombang (tidak sampai setengahnya) dan bahkan hanya 34.49% dari yang dikeluarkan kandidat Tulungagung.

#### 4.2 Analisis Biaya Pembelian Lahan

Biaya pembelian lahan dalam penelitian ini pada awalnya dibuat bersifat deterministik. Namun demikian, ketika nilai harga tanah tersebut (nilai saat ini)

dikonversikan menjadi nilai tahunan, terdapat faktor MARR yang mempengaruhi nilai tahunan dari biaya pembelian tanah tersebut. Nilai MARR yang dijadikan sebagai variabel masukan (*input*) dalam model simulasi perhitungan biaya tahunan ini diambil dari nilai suku bunga deposito berjangka 12 bulan dari bank persero sejak Januari 2007 hingga April 2010 (40 data). Hasil uji tipe distribusi data menunjukkan nilai MARR tersebut sesuai dengan tipe distribusi beta. Bentuk distribusi probabilitas nilai MARR tersebut dapat dilihat pada gambar 3.3.

Bila diamati bentuk grafik distribusi probabilitas dari nilai biaya pembelian tanah tahunan pada kandidat lokasi Kediri (gambar 3.13), Jombang (gambar 3.14), dan Tulungagung (gambar 3.15), semuanya memiliki bentuk yang serupa dan mengikiti bentuk grafik distribusi probabilitas nilai MARR. Nilai *mean* dan standar deviasi biaya pembelian lahan tahunan untuk masing-masing kandidat lokasi dapat dilihat pada tabel 3.18. Kandidat lokasi dengan biaya pembelian tanah tahunan terendah adalah Tulungagung sebesar Rp 4,391,391,859.30, yang diikuti oleh Jombang dengan Rp5,225,471,010.71, dan terakhir Kediri sejumlah Rp 5,928,610,263.23.

### **4.3 Analisis Biaya Tenaga Kerja**

Besarnya biaya tenaga kerja yang dikeluarkan masing-masing kandidat lokasi dipengaruhi oleh variabel UMK masing-masing kandidat dan jumlah kebutuhan tenaga kerja. Nilai UMK pada saat pabrik beroperasi ditentukan melalui metode peramalan (*forecasting*). Berdasarkan pengujian kesalahan peramalan dengan indikator MSE (*mean square error*), teknik peramalan yang paling sesuai untuk memprediksi nilai UMK ketiga kandidat lokasi adalah teknik regresi linear terhadap waktu. Dengan teknik peramalan inilah, kemudian nilai prediksi UMK ketiga kandidat hingga tahun 2032 didapat. Untuk total kebutuhan tenaga kerja, jumlahnya ditentukan berdasarkan aktifitas-aktifitas yang berlangsung di dalam pabrik, termasuk alur dan mekanisme produksi. Total jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menjalankan aktifitas pabrik ini adalah sebanyak 697 orang.

Serupa dengan pembahasan biaya pembelian lahan, setelah nilai UMK ditentukan dengan metode peramalan, besarnya biaya tenaga kerja pada awalnya

diasumsikan menjadi bersifat deterministik. Namun demikian, ketika nilainya dikonversi menjadi nilai tahunan yang seragam (*uniform*), nilainya menjadi dipengaruhi oleh variabel nilai MARR. Bentuk grafik distribusi probabilitas dari nilai biaya tenaga kerja tahunan pada kandidat lokasi Kediri (gambar 3.7), Jombang (gambar 3.8), dan Tulungagung (gambar 3.9 serupa dan mengikiti bentuk grafik distribusi probabilitas nilai MARR. Kandidat lokasi dengan biaya tenaga kerja tahunan terendah adalah Tulungagung sebesar Rp 8,503,414,355.78, yang diikuti oleh Jombang dengan Rp 11,245,814,780.97, dan terakhir Kediri sejumlah Rp 11,893,984,143.14 (tabel 3.16).

#### 4.4 Analisis Total Biaya Tahunan

Total biaya tahunan untuk masing-masing kandidat lokasi dipengaruhi oleh nilai biaya transportasi, pembelian tanah, biaya tenaga kerja, dan MARR. Secara tidak langsung, variabel yang mempengaruhi nilai komponen-komponen biaya total tersebut juga akan mempengaruhi nilai dari total biaya tahunan masing-masing kandidat lokasi. Dengan menggunakan grafik sensitivitas total biaya tahunan untuk masing-masing kandidat lokasi (gambar 3.16, 1.17, dan 3.18), variabel masukan (*input*) yang disimulasikan pengaruhnya pada variabel keluaran dapat diukur seberapa tingkat pengaruhnya.

Pada total biaya tahunan kandidat lokasi Kediri, variabel MARR memiliki pengaruh terbesar yang signifikan dengan tingkat pengaruh 72%, disusul oleh pasokan PG Ngadirejo sebesar 17.5%, Pasokan PG Pesantren Baru sebesar 10.0%, Pasokan PG Kremboong 0.2%, dan Pasokan PG Meritjan 0.1%. Pasokan PG Ngadirejo memiliki tingkat pengaruh yang lebih besar bila dibandingkan dengan variabel input berupa pasokan PG lainnya, padahal PG Ngadirejo bukanlah PG yang terdekat dengan kandidat lokasi Kediri. Hal ini dapat diakibatkan karena tingkat pasokan yang diambil dari PG Ngadirejo adalah yang terbesar dibandingkan PG lainnya.

Total biaya tahunan kandidat lokasi Jombang dipengaruhi oleh variabel MARR sebesar 54%, disusul oleh ketersediaan pasokan PG Lestari sebesar 17%, ketersediaan pasokan PG Djombang Baru sebesar 14.2.0%, ketersediaan pasokan PG Tjoekir 11%, dan pasokan PG Gempolkrep 2.1%. Sedangkan untuk total biaya

tahunan kandidat lokasi Tulungagung, nilainya dipengaruhi oleh variabel MARR sebesar 67.8%, disusul oleh ketersediaan pasokan PG Ngadirejo sebesar 15.9%, ketersediaan pasokan PG Pesantren Baru sebesar 7.8.0%, ketersediaan pasokan PG Watoetoelis 6.4%, dan pasokan PG Kremboong 1.9%.

Berdasarkan keterangan diatas, dapat dilihat bahwa suatu variabel input yang sama tidak mempengaruhi variabel output dengan tingkat pengaruh yang sama. Variabel MARR memiliki pengaruh terbesar pada nilai total biaya tahunan, untuk kandidat lokasi Kediri, yang diikuti oleh Tulungagung dan Jombang dengan selisih tingkat pengaruh sebesar 5% antara Kediri dan Tulungagung, serta lebih dari 17% antara Kediri dan Jombang.

Berdasarkan hasil simulasi model perhitungan, total biaya tahunan untuk ketiga kandidat lokasi dapat dilihat pada tabel 3.15. Berdasarkan tabel tersebut, total biaya tahunan terbesar adalah pada kandidat lokasi Kediri, yang diikuti oleh Jombang dan Tulungagung. Kendatipun dari aspek biaya transportasi, kandidat Kediri jauh mengungguli kandidat Jombang dan Tulungagung (tabel 3.17), yaitu hanya sebesar 49.96% biaya transportasi kandidat Jombang dan hanya 34.49% kandidat Tulungagung, namun komponen biaya pembelian tanah dan tenaga kerja yang tinggi tetap menjadikan Kediri sebagai kandidat dengan total biaya tahunan terbesar.

#### **4.5 Analisa Faktor Resiko**

Faktor resiko dari penentuan lokasi pabrik bioetanol yang berhasil diidentifikasi adalah bahan baku, utilitas dan transportasi. Faktorresiko bahan baku, utilitas, dan transportasi memiliki bobot masing-masing sebesar 0.561, 0.327, dan 0.112. Dengan demikian, faktor bahan baku dinilai penting sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan lokasi pabrik bioetanol. Semakin penting suatu faktor, semakin tinggi bobot resikonya. Hal ini dikarenakan, apabila keberadaan faktor penting tersebut tidak memadai, dampak yang diimbulkan akan besar.

Resiko bahan baku yang ada pada setiap kandidat lokasi berturut-turut untuk Kediri, Jombang, dan Tulungagung adalah 0.35, 0.60, dan 0.70. Hal tersebut menggambarkan keadaan faktor bahan baku di ketiga kandidat lokasi tersebut. Tulungagung memiliki resiko bahan baku yang tinggi dibandingkan

ketiga kandidat lainnya. Hal ini karena dalam ketersediaan mandiri bahan baku di wilayah kandidat lokasi tersebut tidak cukup memadai dan memiliki tingkat kesulitan yang lebih tinggi dibandingkan kandidat lain dalam memenuhi kebutuhan bahan baku (jarak) seperti pada yang ditampilkan tabel 3.24..

Utilitas yang sangat penting dalam keberlangsungan aktivitas produksi bioetanol adalah air dan listrik. Oleh karena itu, kedua hal tersebut dijadikan indikator dalam penilain resiko faktor utilitas di setiap kandidat lokasi. Resiko faktor utilitas di kandidat lokasi Kediri adalah 0.55, 0.75 untuk Jombang, dan 0.35 pada Tulungagung. Untuk indikator ketersediaan listrik yang memadai, ketiga kandidat memiliki nilai yang sama. Namun demikian, faktor ketersediaan sumber air yang baik untuk produksi di ketiganya berbeda-beda. Berdasarkan resiko faktor utilitas di tiga kandidat (tabel 3.28), Jombang memiliki resiko yang paling tinggi. Hal ini dikarenakan sumber air dalam skala besar yang tersedia di daerah tersebut tidak sebaik keadaan di kandidat yang lainnya (tabel 3.27).

Kondisi transportasi yang baik akan berdampak pada biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan aktivitas transportasi di suatu perusahaan, dalam hal ini pabrik bioetanol sebagai fokusnya. Indikator transportasi. Indikator penilaian faktor transportasi yang digunakan pada penelitian ini adalah terkait dengan keadaan jalan. Keadaan jalan yang baik akan memperlancar aktifitas transportasi yang pada akhirnya berpengaruh pada biaya yang harus dikeluarkan. Resiko transportasi yang ada pada setiap kandidat lokasi berturut-turut untuk Kediri, Jombang, dan Tulungagung (tabel 3.30) adalah sebesar 0.50, 0.33, dan 0.83. Hal tersebut menunjukkan kondisi faktor transportasi dengan indikator kondisi jalan di ketiga kandidat lokasi. Kandidat Jombang memiliki resiko yang rendah dibandingkan kandidat yang lain dalam faktor ini, karena kondisi jalan baik dibandingkan dua kandidat lainnya, terutama Tulungagung yang kondisi jalannya tidak cukup baik.

#### **4.6 Analisis *Certainty Equivalent Value* Biaya Tahunan**

Tingkat resiko masing-masing untuk kandidat lokasi Kediri, Jombang, dan Tulungagung adalah sebesar 0.432, 0.619, dan 0.600. Tingkat resiko ini yang kemudian digunakan untuk perhitungan *certainty equivalent value* (CEV) dari

total biaya tahunan masing-masing kandidat lokasi, akan menentukan kandidat lokasi mana yang akan dipilih dan diusulkan sebagai lokasi pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu.

Apabila tingkat resiko dari masing-masing kandidat lokasi dikalikan dengan nilai standar deviasi biaya total tahunan, akan menjadi nilai resiko dari setiap kandidat lokasi. Pada tabel 3.33, nilai resiko terbesar ada pada kandidat lokasi Jombang, sedangkan yang terendah ada pada kandidat lokasi Kediri. Sehingga hasil perhitungan nilai CEV untuk masing-masing kandidat lokasi Kediri, Jombang, dan Tulungagung adalah sebesar Rp19,167,855,481.90, Rp19,060,542,265.31, dan Rp16,544,617,454.32, dengan nilai resiko masing-masing sebesar Rp 145,150,351.21, Rp 186,984,349.68, dan Rp 169,801,707.46.

Kembali merujuk pada tabel 3.33, perbedaan antara nilai resiko kandidat Kediri dengan kandidat yang lain terlihat cukup mencolok (lebih rendah 22.4% dari Jombang dan 14.5% dari Tulungagung). Meskipun demikian, nilai resiko tersebut tetap tidak merubah keputusan, jika keputusan awal hanya menggunakan dasar total nilai tahunan tanpa memperhitungkan faktor resiko, Hal tersebut dapat terjadi karena besarnya biaya tenaga kerja dan pembelian tanah kandidat lokasi Kediri jauh lebih tinggi dibandingkan kandidat lokasi Tulungagung seperti yang ditampilkan pada tabel 3.16 dan 3.18. Keadaan ini berbeda dari kandidat lokasi Tulungagung, dimana nilai resikonya tidak serendah kandidat Kediri, tapi tetap terpilih sebagai lokasi yang diusulkan untuk pendirian pabrik bioetanol karena total biaya tahunan yang lebih rendah dibanding kandidat lainnya (terpaut Rp 2,647,889,383.84 dari kandidat Kediri dan Rp 2,498,742,168.77 dari kandidat Jombang).

Meskipun dengan gambaran fakta di atas, faktor resiko tetaplah penting untuk diperhitungkan, terutama dalam menilai alternatif investasi yang karakteristik alternatif pilihannya secara sekilas tampak serupa dari aspek perhitungan ekonomi saja.

Pada penelitian ini, guna dari pelibatan unsur resiko dalam perhitungan ekonomi dapat kita lihat pada nilai total biaya tahunan antara kandidat Kediri dan Jombang sebelum dan sesudah memasukkan unsure nilai resiko dalam erhitungannya. Sebelumnya (tanpa memasukkan nilai resiko), kandidat lokasi

Kediri dan Jombang memiliki selisih yang cukup terlihat (tabel 3.33 pada keterangan *mean*). Setelah melalui perhitungan nilai resiko, selisih nilai keduanya menjadi semakin terpaut kecil. Berdasarkan hasil perhitungan nilai CEV tersebut, dapat kita simpulkan bahwa kandidat yang dipilih untuk selanjutnya diusulkan sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu adalah yang memiliki nilai CEV biaya tahunan terendah, yaitu Kabupaten Tulungagung.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisis hasil penelitian, kandidat lokasi yang dipilih dan diusulkan penulis sebagai lokasi pendirian pabrik bioetanol berbahan baku ampas tebu adalah di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur.

Kandidat lokasi Tulungagung dipilih karena memiliki *certainty equivalent value* (CEV) atas total biaya tahunan yang terendah dibandingkan dengan kedua kandidat lokasi yang lain, yaitu sebesar Rp 16,544,617,454.32, dengan nilai resiko sebesar Rp 169,801,707.46 yang sudah diperhitungkan di dalamnya. Nilai CEV biaya Tulungagung tersebut lebih rendah 13.2% dari Jombang dan 13.7% dari Kediri yang nilai sebesar Rp19,060,542,265.31 dan Rp19,167,855,481.90. Jika dilihat dari rendahnya nilai resiko, kandidat Tulungagung hanya berada di posisi kedua setelah kandidat Kediri (Rp 145,150,351.21). Namun demikian, kandidat Tulungagung tetap terpilih karena total biaya tahunan yang sudah lebih rendah dibanding kandidat lainnya (terpaut Rp 2,647,889,383.84 atau 13.9% dari kandidat Kediri dan Rp 2,498,742,168.77 atau 13.2% dari kandidat Jombang). Rendahnya total biaya tahunan pada lokasi Tulungagung tersebut merupakan kontribusi dari rendahnya biaya tenaga kerja dan pembelian tanah tahunan.

Dalam pemilihan suatu bentuk investasi, faktor resiko yang terlibat di dalamnya perlu diidentifikasi dan diperhitungkan dengan baik, sehingga dapat dijadikan salah satu dasar pertimbangan dalam pengambilan keputusannya.

#### 5.2 Saran

Guna mencapai hasil penelitian yang lebih baik, disarankan agar pada penelitian selanjutnya dilakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Faktor kemacetan dan kondisi jalan dimasukkan dalam perhitungan jarak atau biaya transportasi secara langsung.
2. Perlu dipertimbangkan faktor kebijakan daerah setempat yang secara vital terkait dengan pendirian sebuah pabrik atau fasilitas industri (misalnya kebijakan penggunaan air tanah atau sungai untuk keperluan pabrik)

## DAFTAR REFERENSI

- Ballou, Ronald H. (2004) *Business Logistics/Supply Chain Management, Fifth Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Canada, Joh R., William G. Sullivan, dan John. A. White. (2004). *Capital Investment Analysis for Engineering and Management, Third Edition*. New Jersey: Prentice Hall, Inc.
- Cleman, J.R. (1996). *Making Hard Decisions – An Introduction to Decision Analysis*. Belmont, CA: Duxbury Press.
- Makridakis, Spyros., Steven c. Wheelright, dan Victor E. McGee. (1994). *Metode-Metode Peramalan Untuk Manajemen*, Alih Bahasa: Wiraraja. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Panichelli, Luis. (2007). *GIS-Based Approach for Defining Bioenergy Facilities Location: A Case Study in Northern Spain Based on Marginal Delivery Costs and Resources Competition between Facilitie*. *Journal of Biomass and Bioenergy*, 32, 289-300.
- Ridlehoover, Justin. (2004). *Applying Monte Carlo Simulation and Risk Analysis to The Facility Location Problem*. *The Engineering Economist*, 43, 237-252.
- Skumoski , Gregory J., Francis T. Hartman, dan Jennifer Krahn. (2007). *The Delphi Method for Graduate Research*. *Journal of Information Technology Education* Volume 6.