

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Berdasarkan studi terhadap industri asam Format yang telah beroperasi di Indonesia, PT Sintas Kurama Perdana sebagai satu-satunya produsen asam Format domestik diketahui menggunakan metode karbonilasi metanol ( $\text{CH}_3\text{OH} + \text{CO} \rightarrow \text{HCOOCH}_3$ ) yang dilanjutkan dengan proses hidrolisis metil format. Proses ini ditunjukkan oleh penggunaan bahan baku utama berupa methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), gas karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), serta adanya tahapan antara berupa pembentukan metil format sebelum dikonversi menjadi asam Format. Selain itu, tata letak fasilitas produksi PT Sintas Kurama Perdana secara eksplisit memisahkan area pembentukan metil format dan area pemurnian asam, yang mengindikasikan penerapan jalur reaksi tidak langsung. Teknologi yang digunakan merupakan lisensi dari Kemira Engineering Oy (Finlandia), yang secara luas dikenal sebagai proses industri standar untuk produksi asam Format karena memiliki konversi tinggi, konsumsi energi relatif rendah, serta memungkinkan daur ulang metanol secara efektif. Oleh karena itu, metode karbonilasi methanol-hidrolisis metil format dapat dijadikan acuan dan pembanding utama dalam perancangan pabrik asam Format pada pembuatan asam Format ini.

Tabel 1. 1 Konsentrasi Asam Format

<b>Konsentrasi Asam Format (% b/b)</b>	<b>Bidang Utama</b>	<b>Aplikasi</b>	<b>Uraian Penggunaan</b>	<b>Referensi</b>
< 50	Pengolahan	air,	Digunakan sebagai pengatur pH dan agen pembersih ringan karena sifat asamnya yang masih relatif lemah pada konsentrasi rendah	Reutemann & Kieczka, <i>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</i>

<b>Konsentrasi Asam Format (% b/b)</b>	<b>Bidang Utama</b>	<b>Aplikasi</b>	<b>Uraian Penggunaan</b>	<b>Referensi</b>
50-70	Aplikasi laboratorium, intermediate proses		Digunakan terbatas sebagai larutan antara dalam proses kimia, namun jarang diperdagangkan karena volume transport besar	Reutemann & Kieczka, <i>Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry</i>
±77,6 (azeotrop)	-		Merupakan batas maksimum pemekatan dengan distilasi sederhana pada tekanan atmosfer sehingga bukan produk komersial	Ito & Yoshida, <i>Journal of Chemical Engineering Data</i> ; Ullmann
80-85	Industri karet, tekstil, penyamakan kulit, silase	karet,	Konsentrasi optimum untuk koagulasi lateks, pengaturan pH pencelupan tekstil, proses tanning kulit, dan pengawet hijauan pakan ternak	Ullmann; McDonald, <i>The Biochemistry of Silage</i>
90	Industri tekstil khusus	karet &	Digunakan untuk kebutuhan proses dengan aktivitas asam lebih tinggi,	Kaplan, <i>Chemical Engineering Journal</i> ; Ullmann

Konsentrasi Asam Format (% b/b)	Bidang Utama	Aplikasi	Uraian Penggunaan	Referensi
			namun memerlukan kontrol korosi lebih ketat	
95-98	Farmasi dan chemicals	dan fine	Digunakan sebagai bahan antara dengan kemurnian tinggi, membutuhkan energi pemurnian dan material khusus	Reutemann & Kieczka, Ullmann; BASF Technical Report
>99	Aplikasi laboratorium sintesis khusus	dan	Sangat higroskopis dan tidak stabil secara termal; risiko dekomposisi tinggi sehingga jarang diproduksi massal	Ullmann; Mars, <i>Advances in Cataly</i>

Berdasarkan tabel menunjukkan bahwa asam Format diproduksi dan digunakan dalam berbagai rentang konsentrasi sesuai dengan kebutuhan aplikasinya. Konsentrasi rendah hingga menengah (<70%) umumnya digunakan secara terbatas karena tidak ekonomis untuk distribusi industri. Pada konsentrasi tinggi (>90%), meskipun aktivitas kimianya meningkat, proses produksi memerlukan energi yang lebih besar, material konstruksi khusus akibat meningkatnya laju korosi, serta pengendalian ketat terhadap risiko dekomposisi asam Format menjadi karbon monoksida dan air. Sebaliknya, pada rentang 80–85% berat, asam Format memiliki keseimbangan paling baik antara stabilitas, kemudahan operasi, keselamatan proses, serta luasnya aplikasi industri, khususnya pada sektor karet, tekstil, penyamakan kulit, dan pengawetan silase (Axon & James, 2018). Oleh karena itu, dengan mempertimbangkan aspek

teknis, ekonomis, dan kebutuhan pasar, konsentrasi produk asam Format sebesar 85% berat dipilih sebagai dasar perancangan pabrik ini.

Berdasarkan kajian literatur industri kimia dan praktik komersial yang telah mapan, konsentrasi produk asam Format yang dirancang ini ditetapkan sebesar 85%. Penetapan konsentrasi tersebut didasarkan pada rujukan utama *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, yang menyatakan bahwa asam Format secara komersial dipasarkan dalam rentang konsentrasi 85–99% berat, dengan konsentrasi 85% merupakan produk yang paling umum dihasilkan secara langsung dari proses hidrolisis metil format. Pada konsentrasi ini, proses pemurnian telah melewati batas azeotrop asam Format-air tanpa memerlukan tahapan dehidrasi lanjutan yang kompleks dan boros energi. Peningkatan konsentrasi hingga di atas 90% membutuhkan tambahan kolom distilasi, operasi pada tekanan dan temperatur lebih tinggi, serta material konstruksi khusus akibat meningkatnya laju korosi dan risiko dekomposisi asam Format menjadi karbon monoksida dan air. Oleh karena itu, dari sudut pandang teknis dan ekonomis, konsentrasi 85% memberikan keseimbangan optimum antara efisiensi energi, kemudahan operasi, keselamatan proses, dan biaya investasi. Selain itu, konsentrasi asam Format 85% telah memenuhi spesifikasi kebutuhan mayoritas aplikasi industri seperti koagulasi lateks karet, penyamakan kulit, industri tekstil, serta pengawet silase (Eppinger & Huang, 2017), sehingga menjadikannya paling relevan untuk dikembangkan sebagai basis desain pabrik asam Format.

## **1.2 Kapasitas Rancangan**

Kapasitas pabrik asam format ditentukan dengan dasar pertimbangan berikut ini:

- a. Prediksi kebutuhan Asam Format di Indonesia;
- b. Ketersediaan bahan baku;
- c. Kapasitas minimal komersial pabrik Asam Format;
- d. Penetapan Kapasitas Produksi

### **1.2.1 Prediksi Kebutuhan Asam Format di Indonesia**

Asam format memiliki peranan strategis dalam berbagai sektor industri, antara lain industri tekstil, plastik, dan farmasi. Berdasarkan data impor dan ekspor asam Format yang ditunjukkan pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2, terlihat bahwa kebutuhan

asam Format di Indonesia masih sangat dipengaruhi oleh pasokan dari luar negeri. Meskipun data impor menunjukkan fluktuasi dari tahun ke tahun dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang relatif kecil, tren tersebut tetap mengindikasikan adanya kebutuhan domestik yang signifikan dan berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi asam Format di dalam negeri belum sepenuhnya dapat dipenuhi oleh produksi nasional.

Di sisi lain, data ekspor asam Format memperlihatkan kecenderungan penurunan dengan nilai  $R^2$  yang lebih besar dibandingkan data impor, yang mengindikasikan ketidakstabilan volume ekspor. Kondisi ini menunjukkan bahwa kapasitas produksi dalam negeri belum berorientasi kuat pada pemenuhan pasar ekspor, melainkan masih berfokus pada pemenuhan kebutuhan internal. Dengan demikian, peluang pendirian pabrik asam Format di Indonesia lebih diarahkan untuk mengurangi ketergantungan impor serta memperkuat kemandirian industri kimia nasional.

Oleh karena itu, penentuan kapasitas produksi pabrik asam Format dalam perancangan ini didasarkan pada analisis kebutuhan domestik yang dihitung dari selisih antara impor dan ekspor, serta mempertimbangkan laju pertumbuhan konsumsi nasional. Pendekatan ini diharapkan mampu menghasilkan kapasitas produksi yang realistis, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi pasar, sekaligus memberikan kontribusi dalam menekan impor dan membuka peluang peningkatan daya saing industri kimia Indonesia di masa mendatang.

Tahun	Jumlah (ton/tahun)				% Prediksi			
	Impor	Ekspor	Produksi	Konsumsi	Impor	Ekspor	Konsumsi	Produksi
2018	2,379	1,288	11,000	12,091.000	-	-	-	-
2019	2,276	135	11,000	13,140.794	-0.043295502	-0.895026398	0.086824	0
2020	1,732	43	11,000	12,689.000	-0.239015817	-0.681966777	-0.03438	0
2021	2,974	1,211.21	11,000	12,762.790	0.717090069	27.16767442	0.005815	0
2022	4,027	186.6	11,000	14,840.400	0.354068594	-0.845939185	0.162787	0
2023	3,445	37.8	11,000	14,407.200	-0.14452446	-0.797427653	-0.02919	0
2024	2,297	5	11,000	13,292.000	-0.333236575	-0.867724868	-0.07741	0
2025	1,360	20.16	11,000	12,339.840	-0.407923378	3.032	-0.07163	0
<b>Total <math>\Sigma</math>% P</b>					<b>-9.683706873</b>	<b>26.11158954</b>	<b>0.042815</b>	<b>0</b>
<b>i</b>					<b>-0.013833867</b>	<b>3.730227077</b>	<b>0.006116</b>	<b>0</b>

Tabel 1. 2 Tabel Ekspor Impor

A. Perkiraan Impor pada tahun 2030:

$$M_{2030} = P (1+i)^{(2030-2025)}$$

$$M_i_{2030} = 1268.496659 \quad \text{ton/tahun}$$

B. Perkiraan ekspor pada tahun 2030:

$$M_{2030} = P (1+i)^{(2030-2025)}$$

$$M_e_{2030} = 47741.98551 \quad \text{ton/tahun}$$

C. Perkiraan Konsumsi dalam negeri 2030:

$$M_{2030} = P (1+i)^{(2030-2025)}$$

$$Mk_{2030} = 12721.86143 \quad \text{ton/tahun}$$

D. Perkiraan produksi tahun 2030

$$M_{2030} = P (1+i)^{(2030-2025)}$$

$$Mp_{2030} = 11000 \quad \text{ton/tahun}$$

Menghitung peluang kapasitas

$$M_{\text{baru}} = (M_{\text{konsumsi}} + M_{\text{Ekspor}}) - (M_{\text{Produksi}} + M_{\text{Impor}})$$

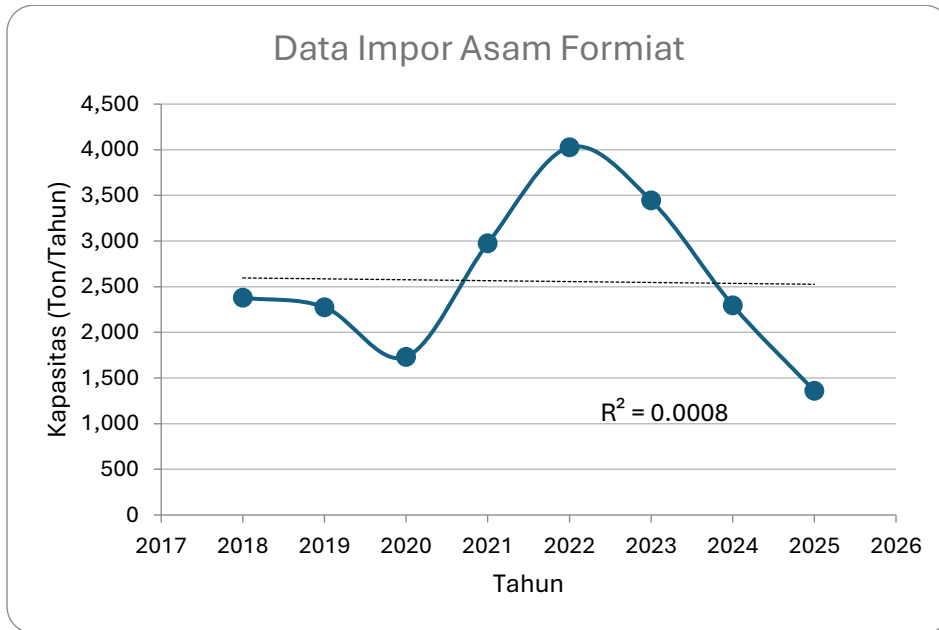
$$M_{\text{baru}} = 48195.35029 \quad \text{ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = \text{Peluang kapasitas} \times 0.6$$

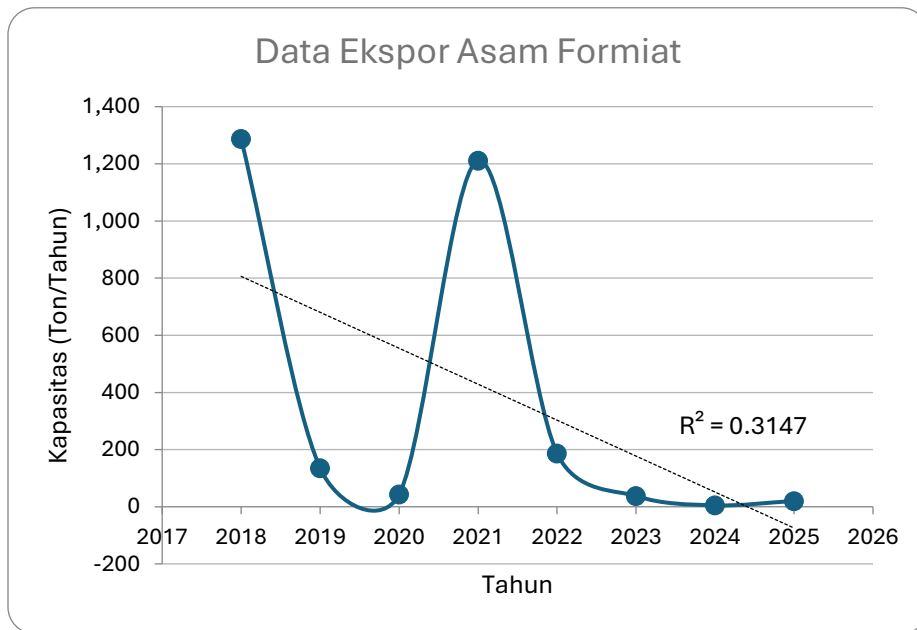
$$\text{Kapasitas Produksi} = 28917.21017$$

$$\text{Target produksi} = 29000 \quad \text{ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas} = 30000 \quad \text{ton/tahun}$$



Gambar 1. 1 Data Impor Asam Format di Indonesia



Gambar 1. 2 Data Ekspor Asam Format di Indonesia

Karena hasil  $R^2 < 0.9$ ; metode interpolasi linear dan juga metode pertumbuhan rata-rata per tahun tidak dapat digunakan. Penentuan kapasitas produksi pabrik asam Format dalam perancangan dapat menggunakan metode *discounted*, yang didasarkan pada konsep *time value of money* sebagaimana dijelaskan dalam buku *Preliminary*

*Chemical Engineering Plant Design*. Menurut (Book of Preliminary Chemical Engineering Plant Design) metode ini mengasumsikan bahwa kebutuhan produksi di masa mendatang memiliki nilai yang berbeda dibandingkan kebutuhan pada saat ini, sehingga proyeksi kebutuhan asam Format tahunan dianalisis dengan mempertimbangkan faktor waktu dan laju pertumbuhan permintaan. Data kebutuhan historis yang diperoleh dari impor dan ekspor kemudian didiskontokan ke kondisi saat ini untuk memperoleh kebutuhan produksi ekuivalen. Pendekatan ini memungkinkan penentuan kapasitas produksi yang lebih realistis, karena tidak hanya mempertimbangkan besarnya kebutuhan di masa depan, tetapi juga menyesuaikannya terhadap ketidakpastian pertumbuhan pasar dan horizon waktu perancangan pabrik.

### **1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku**

Bahan baku utama dalam pembuatan asam Format dengan metode karbonilasi metanol dan hidrolisis metil format meliputi methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Pemilihan bahan baku tersebut didasarkan pada ketersediaannya yang relatif melimpah serta kemudahan pengadaan di dalam negeri maupun dari pasar internasional. Menurut Peters et al. (2003), ketersediaan dan kontinuitas bahan baku merupakan faktor penting dalam menjamin keberlangsungan operasi pabrik kimia.

Metanol merupakan bahan kimia dasar yang diproduksi dan diperdagangkan secara luas, baik sebagai hasil industri petrokimia berbasis gas alam maupun melalui impor. Infrastruktur distribusi metanol yang telah berkembang menjadikan pasokan bahan baku ini relatif stabil dan mudah diakses (Perry & Green, 2008). Untuk memenuhi kebutuhan metanol, pabrik direncanakan memperoleh pasokan dari PT Kaltim Methanol Industry sebagai produsen metanol domestik utama. Metanol dipasok melalui jalur laut menggunakan kapal tanker menuju pelabuhan di wilayah Gresik, kemudian dilanjutkan dengan transportasi darat menggunakan truk tangki menuju lokasi pabrik di Kawasan Industri Maspion. Skema pasokan ini dipilih karena mampu menjamin kontinuitas suplai bahan baku dengan biaya logistik yang masih kompetitif untuk kapasitas produksi sebesar 30.000 ton/tahun. Karbon monoksida dapat diperoleh sebagai bagian dari gas sintesis (*syngas*) yang dihasilkan dari proses reforming gas alam atau sebagai hasil samping industri, sehingga berpotensi tersedia secara

berkelanjutan (Kirk & Othmer, 2004). Kebutuhan karbon monoksida dipenuhi melalui sistem pembangkitan CO secara *on-site*, yang dihasilkan dari proses reforming metanol. Pemilihan sistem ini bertujuan untuk meningkatkan aspek keselamatan, mengurangi ketergantungan pada pemasok eksternal, serta menekan biaya transportasi gas bertekanan tinggi. Sementara itu, kebutuhan air untuk proses hidrolisis dapat dipenuhi dari sumber air industri yang telah melalui pengolahan sesuai spesifikasi proses.

Dengan ketersediaan bahan baku utama yang memadai dan didukung oleh infrastruktur industri yang ada, pendirian pabrik asam Format dinilai layak dari aspek pasokan bahan baku dan mampu mendukung operasi pabrik secara berkelanjutan.

### 1.2.3 Kapasitas Minimal Komersial Pabrik Asam Format

Kapasitas pabrik yang akan didirikan sebaiknya berada di atas kapasitas minimum atau sama dengan kapasitas yang sudah berjalan. Selama ini kebutuhan asam format di dalam negeri dipenuhi oleh PT Sintas Kurama Perdana dengan kapasitas 11.000 ton/tahun (PT Pupuk Kujang, 2023).

Tabel 1. 3 Kapasitas Pabrik Asam Format

<b>Industri</b>	<b>Kapasitas (Ton/Tahun)</b>
BASF Chemical Co	100.000
Kemira Oy (Finland)	40.000
Norsk Hydro (Norway)	13.000
Chem. Werke Hulss	10.000
PT Sintas Kurama Perdana	11.000

Dapat dinyatakan bahwa 11.000 ton/tahun merupakan kapasitas minimal komersial pabrik di Indonesia.

## 1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik asam Format merupakan tahapan penting dalam perancangan pabrik karena berpengaruh langsung terhadap kelancaran proses produksi, efisiensi biaya, serta keberlanjutan operasi jangka panjang. Lokasi pabrik yang tepat mampu menurunkan biaya transportasi bahan baku dan produk, meningkatkan keandalan pasokan utilitas, serta mendukung penerapan aspek keselamatan dan perlindungan lingkungan (Peters,

Timmerhaus, & West, 2003). Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai faktor teknis, ekonomis, dan lingkungan secara terpadu.

Kriteria utama yang digunakan dalam penentuan lokasi meliputi kedekatan dengan sumber bahan baku utama, yaitu metanol dan karbon monoksida, guna meminimalkan biaya transportasi serta mengurangi risiko gangguan pasokan sehingga kontinuitas dan stabilitas operasi pabrik dapat terjaga (Ulrich & Vasudevan, 2004). Selain itu, akses terhadap sarana transportasi dan distribusi seperti pelabuhan, jalan raya, dan jalur distribusi industri menjadi faktor penting dalam menunjang kelancaran pengadaan bahan baku dan penyaluran produk asam Format ke konsumen, karena akses logistik yang baik dapat menekan biaya distribusi dan meningkatkan daya saing produk (Perry & Green, 2008).

Ketersediaan utilitas, meliputi air proses, listrik, dan bahan bakar menjadi pertimbangan utama, mengingat operasi pabrik asam Format memerlukan pasokan utilitas yang stabil dan ekonomis (Peters et al., 2003). Di samping itu, ketersediaan tenaga kerja, baik tenaga operasional maupun tenaga ahli, turut dipertimbangkan, terutama pada lokasi yang dekat dengan kawasan industri atau pusat pendidikan teknik, sehingga kebutuhan sumber daya manusia dapat terpenuhi dengan lebih mudah (Ulrich & Vasudevan, 2004). Aspek lingkungan dan keselamatan juga menjadi faktor penting dalam pemilihan lokasi pabrik, termasuk kesesuaian jarak terhadap kawasan permukiman, potensi dampak pencemaran, serta kemudahan penerapan sistem pengolahan limbah, dengan tujuan meminimalkan risiko lingkungan dan sosial (Peters et al., 2003).

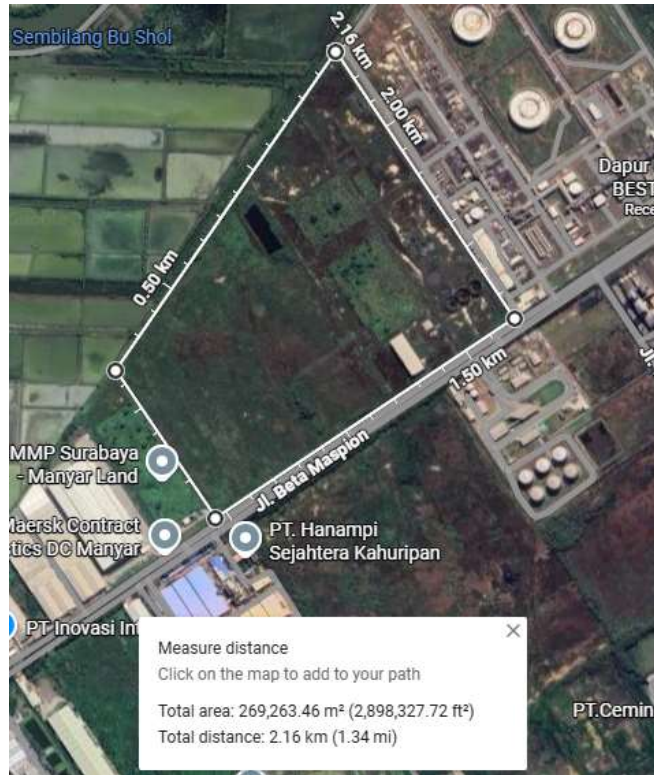
Selanjutnya, lokasi pabrik harus sesuai dengan peraturan perundang-undangan, kebijakan pemerintah daerah, serta rencana tata ruang wilayah agar tidak menimbulkan kendala perizinan dan dapat menjamin keberlanjutan operasional pabrik (Ulrich & Vasudevan, 2004). Berdasarkan seluruh kriteria tersebut, penentuan lokasi pabrik dilakukan melalui metode penilaian kualitatif dan kuantitatif dengan pemberian bobot pada setiap kriteria sesuai tingkat kepentingannya, kemudian dilakukan perbandingan antar alternatif lokasi berdasarkan nilai total yang diperoleh, sehingga lokasi dengan nilai tertinggi dipilih sebagai lokasi pabrik asam Format yang paling layak secara teknis dan ekonomis.

Tabel 1. 4 Matriks Pemilihan Tempat

<b>Kriteria Penilaian</b>	<b>Bobot</b>	<b>Skor Bontang</b>	<b>Nilai Bontang</b>	<b>Skor Gresik</b>	<b>Nilai Gresik</b>	<b>Skor Cilegon</b>	<b>Nilai Cilegon</b>
Ketersediaan & Harga Bahan Baku Metanol	0.3	5	1.5	4	1.2	4	1.2
Utilitas	0.2	4	0.8	5	1	5	1
Akses distribusi Produk	0.2	3	0.6	5	1	4	0.8
Infrastruktur & Transportasi	0.15	4	0.6	5	0.75	5	0.75
Tenaga Kerja & SDM	0.1	3	0.3	5	0.5	4	0.4
Lingkungan & Regulasi	0.05	4	0.2	4	0.2	4	0.2
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>4</b>		<b>4.65</b>		<b>4.35</b>

Dari hasil analisis matriks tersebut, pabrik ini diputuskan akan didirikan di Kawasan Industri Maspion, Manyar, Gresik, Jawa Timur.





Gambar 1. 3 Peta Lokasi

Penentuan Gresik sebagai lokasi pendirian pabrik didukung oleh faktor-faktor seperti:

### 1.3.1 Letak Pabrik dengan Sumber Bahan Baku

Pemilihan Gresik sebagai lokasi pabrik asam Format didukung oleh kedekatannya dengan kawasan industri kimia dan petrokimia di Jawa Timur. Metanol sebagai bahan baku utama tersedia melalui jaringan distribusi industri petrokimia nasional maupun impor, sementara karbon monoksida dapat diperoleh sebagai bagian dari gas sintesis (*syngas*) dari industri berbasis gas alam atau unit terintegrasi. Kedekatan dengan sumber dan jaringan bahan baku ini mampu menurunkan biaya transportasi serta meningkatkan keandalan pasokan, yang merupakan faktor utama dalam penentuan lokasi pabrik kimia (Peters et al., 2003; Ulrich & Vasudevan, 2004).

### **1.3.2 Sarana dan Transportasi**

Gresik memiliki akses transportasi yang sangat memadai, didukung oleh keberadaan Pelabuhan Gresik dan kedekatannya dengan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya sebagai pelabuhan internasional utama di Indonesia bagian timur. Selain itu, jaringan jalan nasional dan tol Surabaya–Gresik mendukung kelancaran distribusi bahan baku dan produk. Infrastruktur transportasi yang baik dapat menekan biaya logistik dan meningkatkan efisiensi distribusi produk kimia (Perry & Green, 2008).

### **1.3.3 Letak Pabrik dengan Daerah Pemasaran**

Lokasi Gresik strategis terhadap daerah pemasaran utama asam Format, khususnya industri tekstil, karet, dan kimia yang banyak berlokasi di Pulau Jawa. Kedekatan dengan pasar domestik terbesar di Indonesia memungkinkan distribusi produk yang lebih cepat dan ekonomis. Menurut Peters et al. (2003), kedekatan lokasi pabrik dengan pasar utama merupakan faktor penting untuk menurunkan biaya distribusi dan meningkatkan daya saing produk.

### **1.3.4 Tenaga Kerja**

Gresik dan wilayah sekitarnya, termasuk Surabaya, merupakan pusat industri dan pendidikan teknik di Jawa Timur. Ketersediaan tenaga kerja terampil, baik tenaga operasional maupun tenaga ahli, relatif tinggi dan mudah diperoleh. Keberadaan sumber daya manusia yang kompeten dinilai sangat mendukung kelancaran operasional pabrik kimia dan menurunkan biaya pelatihan awal (Ulrich & Vasudevan, 2004).

### **1.3.5 Utilitas**

Ketersediaan utilitas di kawasan Gresik tergolong sangat baik, meliputi pasokan listrik dari jaringan PLN, ketersediaan air industri, serta bahan bakar untuk kebutuhan proses dan utilitas. Keberadaan kawasan industri kimia yang telah berkembang menjamin pasokan utilitas yang stabil dan ekonomis. Menurut Peters et al. (2003), ketersediaan utilitas yang andal merupakan syarat utama bagi keberlangsungan operasi pabrik kimia skala besar.

### 1.3.6 Perluasan Area Pabrik

Kawasan industri di Gresik masih memiliki potensi pengembangan dan perluasan area pabrik di masa mendatang. Faktor ini penting untuk mengantisipasi peningkatan kapasitas produksi atau penambahan unit proses baru. Peters et al. (2003) menyatakan bahwa ketersediaan lahan untuk ekspansi merupakan salah satu pertimbangan strategis dalam pemilihan lokasi pabrik jangka panjang.

### 1.3.7 Kondisi Tanah dan Daerah

Secara umum, kondisi tanah di kawasan industri Gresik relatif stabil dan telah banyak dimanfaatkan untuk pendirian pabrik skala besar. Wilayah ini juga memiliki karakteristik topografi yang mendukung pembangunan fasilitas industri dengan risiko geoteknik yang relatif rendah. Kondisi lingkungan industri yang sudah berkembang memudahkan penerapan standar keselamatan dan pengelolaan lingkungan (Ulrich & Vasudevan, 2004).

### 1.3.8 Kebijakan Pemerintah

Pemerintah pusat dan daerah mendukung pengembangan kawasan industri di Gresik melalui penyediaan infrastruktur, kemudahan perizinan, serta kebijakan penguatan industri kimia nasional. Dukungan kebijakan ini sejalan dengan upaya substitusi impor dan peningkatan nilai tambah industri dalam negeri. Kebijakan pemerintah yang mendukung dinilai sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pendirian dan operasional pabrik kimia (Peters et al., 2003).

#### Daerah Pemasaran

- Jawa Timur (Gresik – Sidoarjo - Kediri-Pasuruan)

Tabel 1. 5 Daerah Pemasaran Jawa Timur

<b>Industri</b>	<b>Sektor</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Estimasi Kebutuhan</b>
PT Afi Farma	Farmasi		18 miliar tablet/tahun	± 150 ton/tahun
PT Lotus Indah Tekstil	Tekstil		500 ton/tahun	± 20 ton/tahun

PT Madju Mandiri Perkasa	Vulkanisir ban	7.000 m <sup>2</sup> /tahun	± 60 ton/tahun
PT Hadeka Feedmill	Pakan ternak	10.000 ton/tahun	± 300 ton/tahun
PT Arta Citra Terpadu Feedmill	Pakan ternak	60.000 ton/tahun	± 1.500 ton/tahun
PT Sinar Cemaramas Abadi	Elektroplating	72.000 kg/tahun	± 30 ton/tahun
PT Charoen Pokphand	Pakan Ternak	2.6 juta ton/tahun	± 20.000 ton/tahun

- Jawa Barat (Bekasi – Karawang – Tangerang)

Tabel 1. 6 Daerah Pemasaran Jawa Barat

<b>Industri</b>		<b>Sektor</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas Produksi</b>	<b>Estimasi Konsumsi Asam Format</b>
PT Indopratama	Asietex Sinar	Tekstil	Karawang	2.683 ton/bulan	± 320 ton/tahun
PT Arfia Megah		Tekstil	Bekasi	400 ton/bulan	± 50 ton/tahun
PT Sunrise Bumi Textile		Tekstil	Bekasi	30,94 juta ton/tahun	± 1.500 ton/tahun
PT Prima Rajuli Sukses		Tekstil	Tangerang	12.000 ton/tahun	± 600 ton/tahun
PT Gajah Tunggal		Karet dan Ban	Tangerang	43 juta ban/tahun	± 4500ton/tahun
PT Cedefindo		Kosmetik dan kimia	Bekasi	1.314 ton/tahun	± 40 ton/tahun

- Sumatera Utara, Selatan, Jambi

Tabel 1. 7 Daerah Pemasaran Sumatera

<b>Industri</b>	<b>Sektor</b>	<b>Lokasi</b>	<b>Kapasitas</b>	<b>Estimasi Kebutuhan</b>
PT Adei Crumb Rubber		Riau	42.000 ton/tahun	± 1.260 ton/tahun
PT Pantja Surya		Sumut	36.000 ton/tahun	± 1.080 ton/tahun
PT Rubber Hock Lie		Sumut	72.000 ton/tahun	± 2.160 ton/tahun
PT Hok Tong Kramasan		Sumsel	220 ton/hari	± 2.300 ton/tahun
PT Djambi Waras		Jambi	12.000 ton/bulan	± 4.300 ton/tahun
Industri pakan ternak (Medan)		Sumut	± 3.900 ton/tahun	± 500 ton/tahun

Daerah pemasaran utama asam Format terkonsentrasi di wilayah Jawa dan Sumatera seiring dengan persebaran industri pengguna terbesar. Jawa Barat didominasi industri tekstil dan kosmetik yang memanfaatkan asam Format sebagai pengatur pH, fiksator warna, dan bahan formulasi kimia. Jawa Timur, khususnya Gresik dan sekitarnya, memiliki permintaan yang stabil dari industri farmasi, karet, pakan ternak, dan elektroplating dengan keunggulan logistik. Di Sumatera Utara dan Sumatera Selatan, asam Format banyak digunakan sebagai koagulan pada industri karet alam dan pengawet pakan ternak, menjadikannya pasar strategis berskala besar, sementara Lampung berperan sebagai wilayah pendukung dengan potensi pertumbuhan agroindustri. Berdasarkan estimasi kebutuhan, industri yang paling banyak menggunakan asam Format 85% ialah industri pakan ternak, karet khususnya PT Charoen Pokphand dengan konsumsi sekitar 20.000 ton/tahun, disusul oleh PT Gajah Tunggal sekitar 4.500 ton/tahun. Tingginya konsumsi pada industri, kebutuhan asam Format 85% untuk pengawetan silase dan pengaturan pH dalam industri pakan ternak, rumb rubber disebabkan oleh penggunaan asam Format secara langsung sebagai

koagulan utama lateks dalam jumlah besar dan kontinu, sehingga menjadikan sektor karet alam sebagai pasar utama dan paling stabil bagi produk asam Format 85%. Dengan kapasitas pabrik 30.000 ton/tahun, kebutuhan domestik dapat dipenuhi sekaligus membuka peluang ekspor regional.

## **1.4 Tinjauan Proses**

### **1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Asam Format**

Menurut *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* macam-macam proses pembuatan asam format diantaranya:

#### **1.4.1.1 Hidrolisis Formamida**

Proses hidrolisis formamida merupakan salah satu rute tidak langsung dalam produksi asam format yang berasal dari karbonilasi metanol. Pada tahap awal, metanol dikarbonilasi dengan karbon monoksida untuk membentuk metil format, yang kemudian direaksikan dengan amonia menghasilkan formamida. Selanjutnya, formamida dihidrolisis menggunakan asam mineral kuat, umumnya asam sulfat, untuk menghasilkan asam format. Proses ini dikembangkan dan digunakan secara industri sejak pertengahan abad ke-20 dan pernah menyumbang bagian signifikan dari produksi asam format dunia.

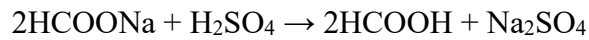
Hidrolisis formamida dilakukan pada kondisi suhu tinggi, umumnya antara 85–100 °C, menggunakan larutan asam sulfat dengan konsentrasi sekitar 68–74%. Reaksi berlangsung dalam reaktor berpengaduk, dan panas reaksi dimanfaatkan untuk membantu proses distilasi asam format. Produk keluar berupa campuran asam format dan amonium sulfat, di mana asam format kemudian dipisahkan melalui distilasi, sedangkan amonium sulfat diperoleh sebagai produk samping. Yield asam format dari proses ini relatif tinggi (>90%), namun terbentuknya amonium sulfat dalam jumlah besar menjadi kelemahan utama dari segi ekonomi dan lingkungan.

#### **1.4.1.2 Acidolisis Garam Format (Formate Salt Acidulation Process)**

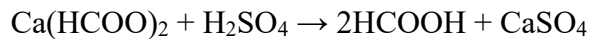
Proses acidolisis merupakan metode tertua dalam produksi asam format secara industri, yang didasarkan pada reaksi antara garam format dengan asam mineral kuat, umumnya asam sulfat. Garam format yang digunakan biasanya adalah natrium format

atau kalsium format, yang diperoleh sebagai produk samping dari berbagai proses industri, seperti pembuatan pentaeritritol dan senyawa poliol lainnya. Pada proses ini, ion format dilepaskan dari kation logamnya melalui reaksi pengasaman, sehingga terbentuk asam format bebas dalam fase cair.

Reaksi Natrium Format



Reaksi kalsium format:



Secara operasional, larutan garam format direaksikan dengan asam sulfat pada kondisi suhu moderat. Reaksi berlangsung relatif sederhana dan memiliki konversi yang tinggi, sehingga dari sisi kinetika dan kemudahan operasi, proses acidolisis tergolong menguntungkan. Namun demikian, proses ini menghasilkan garam anorganik dalam jumlah besar sebagai produk samping, khususnya natrium sulfat atau kalsium sulfat, yang bernilai ekonomi rendah dan menimbulkan permasalahan pengelolaan limbah. Selain itu, pemisahan dan pemurnian asam format tetap memerlukan tahapan distilasi karena adanya air dan sisa asam mineral dalam campuran produk.

Akibat terbentuknya produk samping sulfat yang signifikan serta meningkatnya tuntutan efisiensi dan pengurangan limbah, proses acidolisis secara bertahap kehilangan peranannya sebagai rute utama produksi asam format. Saat ini, proses ini umumnya hanya digunakan pada kondisi tertentu, misalnya ketika tersedia garam format sebagai produk samping dengan harga murah atau pada skala produksi terbatas.

#### **1.4.1.3 Oksidasi Hidrokarbon pada Fase Cair (Liquid-phase Hydrocarbon Oxidation)**

Asam format dapat diperoleh sebagai produk samping pada proses oksidasi hidrokarbon ringan fase cair, khususnya dalam produksi asam asetat dari butana atau nafta ringan, dengan reaksi seperti berikut:



Pada proses ini, hidrokarbon dioksidasi menggunakan udara atau oksigen pada suhu dan tekanan tinggi, sehingga menghasilkan campuran produk oksidasi yang

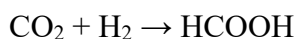
kompleks. Selain asam asetat sebagai produk utama, terbentuk pula senyawa lain seperti air, asetaldehid, aseton, ester, keton, serta asam format dalam jumlah kecil. Oleh karena itu, asam format tidak dihasilkan secara selektif, melainkan ikut terbentuk sebagai hasil samping reaksi oksidasi parsial hidrokarbon.

Produk reaksi berupa campuran cair dan gas selanjutnya mengalami serangkaian tahapan pemisahan, meliputi pemisahan gas-cair, pendinginan, absorpsi, serta distilasi bertingkat untuk memisahkan dan memurnikan masing-masing komponen. Pemisahan asam format dari campuran tersebut relatif sulit karena titik didihnya yang berdekatan dengan komponen lain serta kecenderungannya membentuk azeotrop dengan air. Yield asam format yang dihasilkan umumnya sangat rendah, berkisar sekitar 0,05–0,25 ton per ton asam asetat, sehingga proses ini dinilai tidak ekonomis apabila ditujukan khusus untuk produksi asam format. Oleh sebab itu, rute ini tidak digunakan sebagai dasar perancangan pabrik asam format dan hanya berperan sebagai sumber sekunder.

#### **1.4.1.4 Hidrogenasi Karbon Dioksida (Carbon Dioxide Hydrogenation)**

Perkembangan terbaru dalam kimia karbon dioksida menunjukkan bahwa CO<sub>2</sub> dapat direduksi menjadi asam format melalui reaksi hidrogenasi menggunakan katalis logam transisi homogen, seperti kompleks rutenium, paladium, atau iridium. Dalam proses ini, CO<sub>2</sub> direaksikan dengan hidrogen atau senyawa donor hidrogen dalam pelarut tertentu untuk menghasilkan asam format atau garam format.

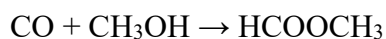
Reaksi Kimia:



Meskipun proses ini menarik dari sudut pandang keberlanjutan dan pemanfaatan CO<sub>2</sub>, hingga saat ini penerapannya masih terbatas pada skala laboratorium dan pilot plant. Kendala utama meliputi biaya katalis yang tinggi, stabilitas katalis, serta kesulitan pemisahan produk. Oleh karena itu, proses ini belum digunakan secara luas dalam industri asam format konvensional.

#### **1.4.1.5 Karbonilasi Metanol**

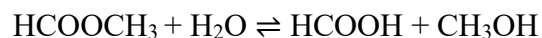
Reaksi kimia:



Proses karbonilasi metanol merupakan rute industri utama dan paling penting dalam produksi asam format modern. Pada proses ini, metanol direaksikan dengan karbon monoksida (CO) dalam fase cair menggunakan katalis basa, seperti alkoksida logam alkali, untuk menghasilkan metil format sebagai produk antara. Reaksi karbonilasi ini berlangsung pada tekanan sedang hingga tinggi dan suhu relatif moderat, dengan konversi yang tinggi serta selektivitas yang baik terhadap metil format. Metil format yang terbentuk selanjutnya dapat dikonversi menjadi asam format melalui beberapa jalur, baik secara langsung melalui hidrolisis maupun secara tidak langsung melalui pembentukan formamida. Keunggulan utama proses karbonilasi metanol adalah efisiensi bahan baku serta minimnya pembentukan produk samping bernilai rendah. Dibandingkan dengan proses acidolisis atau oksidasi hidrokarbon, rute ini menghasilkan asam format dengan yield yang tinggi dan limbah anorganik yang jauh lebih sedikit, sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, proses ini secara luas digunakan sebagai dasar perancangan pabrik asam format komersial.

#### **1.4.1.6 Hidrolisis Metil Format**

Reaksi Kimia:



Hidrolisis metil format merupakan tahap lanjutan dari proses karbonilasi metanol dalam produksi asam format secara industri. Pada tahap ini, metil format ( $\text{HCOOCH}_3$ ) yang dihasilkan dari reaksi karbonilasi metanol direaksikan dengan air untuk membentuk asam format dan metanol. Reaksi ini bersifat reversibel dan berlangsung dalam fase cair pada suhu dan tekanan moderat, baik secara non-katalitik maupun dengan bantuan katalis asam atau basa ringan untuk meningkatkan laju reaksi.

#### **1.4.3 Pemilihan proses pembuatan asam Format**

Dalam penentuan proses yang digunakan, dilakukan perbandingan dari setiap proses yang memungkinkan. Ringkasan poin-poin penting pada proses tersebut disajikan pada tabel berikut sebagai bahan pertimbangan:

Tabel 1. 8 Proses Asam Format

No.	Nama Proses	Bahan Baku Utama	Produk Samping	Kondisi Operasi (umum)	Kelebihan / Keuntungan	Kekurangan
1	Hidrolisis Formamida	Formamida, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , air	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	85-100 °C, tekanan atmosfer-sedang	Yield tinggi	Limbah sulfat besar, kurang ramah lingkungan
2	Acidolisis Garam Format	Na/Ca-format, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / CaSO <sub>4</sub>	Suhu moderat, tekanan atmosfer	Proses sederhana, reaksi cepat	Produk samping banyak, tidak ekonomis
3	Oksidasi Hidrokarbon Fase Cair	Butana nafta, O <sub>2</sub>	Asam asetat, keton, ester	Suhu & tekanan tinggi	Memanfaatkan proses asam asetat	Yield HCOOH sangat rendah, pemurnian sulit
5	Hidrogenasi Karbon Dioksida	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , katalis	-	Suhu & tekanan tinggi	Ramah lingkungan, pemanfaatan CO <sub>2</sub>	Hanya teoritis, katalis mahal, belum komersial
6	Karbonilasi Metanol	Metanol, CO	Sangat sedikit	80-120 °C, tekanan sedang-tinggi	Selektivitas tinggi, efisien	Membutuhkan CO & katalis
7	Hidrolisis Metil Format	Metil format, air	Metanol (recycle)	Suhu moderat,	Tanpa limbah sulfat, metanol dapat direcycle	Reaksi kesetimbangan

tekanan  
moderat

---

Prarancangan ini memilih proses tahap karbonilasi methanol yang dilanjutkan hidrolisis metil format, metanol akan bereaksi dengan karbon monoksida menghasilkan metil format dengan konversi dan selektivitas yang tinggi. Selanjutnya, metil format dihidrolisis menjadi asam format dan metanol, di mana metanol yang terbentuk dapat didaur ulang kembali ke unit karbonilasi (*recycle*), sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan bahan baku.