

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan industri nasional merupakan salah satu pilar utama dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) untuk mewujudkan negara Indonesia yang maju dan mandiri secara ekonomi. Pemerintah secara konsisten mendorong hilirisasi industri untuk meningkatkan nilai tambah sumber daya alam domestik, mengurangi ketergantungan produk impor, dan memperkuat struktur ekonomi nasional. Hal ini menjadi landasan untuk mencapai Visi Indonesia Emas Tahun 2045, sejalan dengan amanat UU Nomor 3 Tahun 2014 yang mengamanatkan pembangunan industri yang mandiri, berdaya saing, dan berbasis teknologi.

Namun meningkatnya aktivitas industri juga berbanding lurus dengan peningkatan volume limbah sisa produksi yang memerlukan pengolahan efektif sebelum dibuang ke lingkungan. Limbah dari industri baja seperti *scrap iron*, *pickling liquor* dan *scale mill* dapat dimanfaatkan bersama asam sulfat sebagai bahan baku pembuatan *Ferrous sulfate heptahydrate* ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Senyawa ini secara komersial dikenal sebagai *copperas*. Senyawa ini berbentuk kristal monoklinik berwarna biru kehijauan yang larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol. Senyawa ini memiliki peranan luas di berbagai sektor industri:

- Pengolahan limbah cair: Digunakan untuk mengolah limbah cair industri yang mengandung senyawa organik sulit terurai (*refractory organics*), sebagaimana tercantum pada paten KR100755498B1.
- Katalis Nanoteknologi: Berfungsi sebagai prekursor katalis dalam sintesis multi-walled carbon nanotubes (MWCNTs) pada kain karbon (Qiao-jun dkk., 2013).
- Industri Semen: Digunakan untuk mereduksi kromium heksavalen dalam klinker Portland (Monpeková, 2016)
- Industri Pertanian : Digunakan sebagai sumber zat besi yang terjangkau, serta sebagai pembenah tanah untuk meningkatkan kesehatan dan hasil panen.

Meskipun potensi bahan baku di dalam negeri sangat melimpah dan bahan baku yang melimpah. Pemenuhan kebutuhan *ferrous sulphate heptahydrate* di Indonesia saat ini masih didominasi oleh impor. Pendirian pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* skala nasional akan memberikan sejumlah nilai strategis, antara lain:

- Dapat memenuhi kebutuhan *ferrous sulfate heptahydrate* didalam negeri
- Dapat menumbuhkan kemandirian dalam negeri, dan mengurangi ketergantungan impor dari negara lain
- Mengurangi dampak limbah industri baja ke lingkungan
- Dapat mengolah kembali limbah industri baja menjadi sesuatu yang bernilai
- Membuka lapangan kerja yang baru, sehingga meningkatkan kualitas dan kuantitas penyerapan tenaga kerja
- Meningkatkan peluang ekspansi industri kimia dalam negeri yang membutuhkan *ferrous sulfate heptahydrate*

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Pabrik *ferrous sulfate heptahydrate* akan dibangun pada tahun 2025 dan akan beroperasi pada tahun 2027. Penentuan kapasitas pabrik didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

1. Proyeksi kebutuhan *ferrous sulfate heptahydrate* di Indonesia
2. Kapasitas pabrik yang sudah berdiri
3. Ketersediaan bahan baku

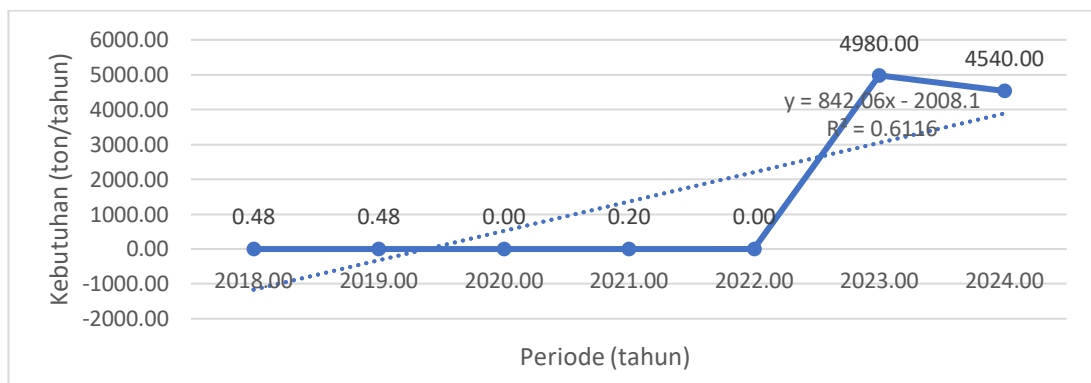
1.2.1. Proyeksi Kebutuhan *Ferrous sulfate heptahydrate* di Indonesia

Merujuk pada data statistik dari Badan Pusat Statistika (BPS), terdapat kegiatan impor dan ekspor barang *ferrous sulfate heptahydrate*. Berikut data ekspor dan impor *ferrous sulphate heptahydrate* yang terletak pada Tabel 1.1, Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.

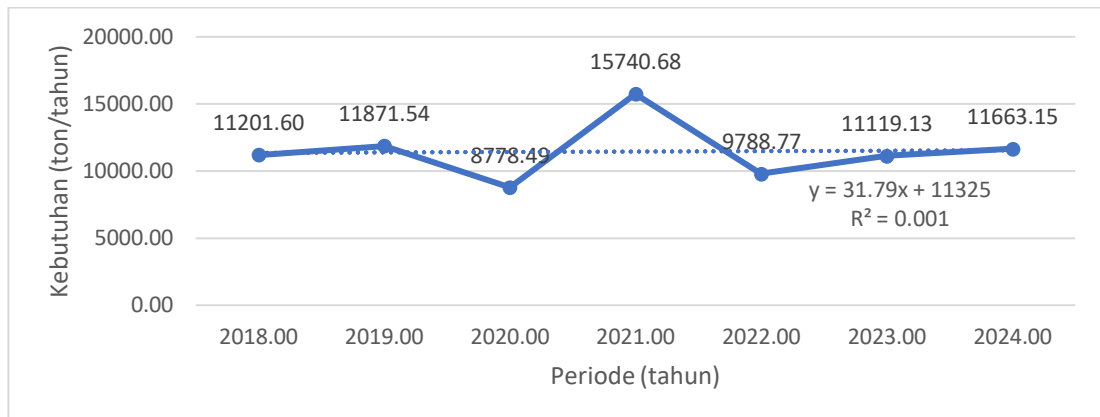
Pada Tabel 1.1, Gambar 1.1 dan Gambar 1.2 pabrik kebutuhan impor yang lebih besar dibandingkan dengan ekspor dikarenakan tidak ada plant *ferrous sulphate heptahydrate*, sehingga bergantung pada impor.

Tabel 1.1 Proyeksi Kebutuhan Impor dan Ekspor

Tahun	Impor (ton/tahun)	Ekspor (ton/tahun)
2018	11.201,6	0,476
2019	11.871,535	0,475
2020	8.778,493	0,003
2021	15.740,677	0,2
2022	9.788,771	2049,1
2023	11.119,128	4.980
2024	12.619,995	4.540
Total	58,047.064	9.520,203

**Gambar 1.1** Data Ekspor Ferrous sulfate heptahydrate

Pada Gambar 1.1 menunjukkan pada level yang sangat rendah pada tahun 2018-2021, tetapi pada tahun 2022 mengalami pelonjakan ekspor *ferrous sulphate heptahydrate* menjadi 2,049,1 ton/tahun, meningkat kembali pada tahun 2023 menjadi 4.980 ton/tahun sebelum sedikit menurun menjadi 4.540 ton/tahun pada 2024. Lonjakan tersebut tercermin pada garis tren yang menanjak dengan persamaan $y = 842,66x - 2008,3$ dan nilai $R^2 = 0,6116$. Lonjakan tersebut dikarenakan adanya perubahan dari masa pandemi kedalam masa normal pasar global.



Gambar 1.2 Data Impor *Ferrous sulfate heptahydrate*

Pada Gambar 1.2 menunjukkan bahwa impor ferrous sulfate heptahydrate berfluktuasi dengan rentang yang lebar, dengan terendah pada tahun 2020 dan yang tertinggi pada tahun 2021. Penurunan tajam pada 2020 sejalan dengan melemahnya aktivitas industri nasional selama pandemi, sedangkan kenaikan pada tahun 2021 mencerminkan pemulihan setelahnya. Garis tren impor pada gambar menunjukkan persamaan $y = 31,79x + 11325$ dengan $R^2 = 0,001$, bahwa garis tersebut tidak memenuhi fungsi persamaan garis linear.

Penentuan kapasitas pabrik bisa dihitung dengan metode linier untuk menghitung persen pertumbuhan pertahun (%P) dan menggunakan metode *discounted* untuk menentukan kapasitasnya. Data penentuan kapasitas dari ferrous sulfate heptahydrate atau *ferrous sulfate heptahydrate* dapat dilihat pada Tabel 1.2. Metode linier dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\%P = \frac{\text{produksi tahun ke 2} - \text{produksi tahun ke 1}}{\text{produksi tahun ke 1}} \times 100\%$$

$$i = \frac{\sum P}{n}$$

Keterangan:

%P = Persen pertumbuhan pertahun
 i = Pertumbuhan rata-rata pertahun
 n = Jumlah data

Tabel 1.2 Data Perhitungan Prediksi Ekspor & Impor *Ferrous sulfate heptahydrate*

Tahun	Impor (ton/tahun)	%P	Eksport (ton/tahun)	%P
2018	11.201,6	-	0,476	-
2019	11.871,535	5,981	0,475	-0,002
2020	8.778,493	-26,054	0,003	-0,993
2021	15.740,677	79,309	0,2	65,667
2022	9.788,771	-37,812	2049	10244,5
2023	11.119,128	13,591	4.980	1,430
2024	12.619,995	4,893	4.540	-0,088
Total	58,047.064	39,907	9.520,203	10310,512

Pada Tabel 1.2 didapatkan hasil perhitungan persen pertumbuhan pertahun (%P). \Pada tabel kebutuhan komoditas dalam negeri masih didominasi oleh import. Fluktuasi impor sempat mengalami penurunan drastis pada tahun 2020 sebesar -26,05% akibat dampak pandemi, sebelum kemudian melonjak hingga 79,31% pada tahun 2021. Disisi lain volume ekspor tergolong sangat kecil, namun terjadi kenaikan ekspor yang sangat signifikan. Tingginya angka impor yang jauh melampaui volume ekspor ini menegaskan besarnya ketergantungan industri nasional terhadap pasokan luar negeri, sekaligus menunjukkan tingginya peluang pasar untuk pendirian pabrik di dalam negeri.

Setelah mendapatkan nilai presentase pertumbuhan pertahun dan rereata pertumbuhan pertahun, selanjutnya untuk mengitung kapasitas digunakan metode *discounted* sebagai berikut:

$$m = P(1 + i)^n$$

Keterangan:

- m = Jumlah produk pada akhir tahun perhitungan
- P = Jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui
- i = Pertumbuhan rerata pertahun
- n = Selisih tahun

Rumus tersebut kemudian disusun menjadi persamaan berikut:

$$m3 = (m4 + m5) - (m1 + m2)$$

Keterangan:

- m1 = jumlah produk impor
- m2 = jumlah produk pabrik lama
- m3 = jumlah produk pabrik baru
- m4 = jumlah produk ekspor
- m5 = jumlah konsumsi

1.2.2. Kapasitas Pabrik Yang Sudah Berdiri

Pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* yang sudah berdiri memiliki kapasitas yang berbeda-beda yang dapat kita lihat pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3 Kapasitas Pabrik *Ferrous Sulphate Heptahydrate* Yang Sudah Berdiri

Pabrik	Kapasitas (ton/tahun)
Verdesian Corporation, North Lima, Ohio	15.000
Crown Technology, Indianapolis	21.000
Cosmo Chemical, Ulsan	150.000
Zouping Boyi Chemical Industry, Shandong	36.000
Rech Chemical, Hunan	7.000

Berdasarkan data industri, kapasitas produksi *ferrous sulphate heptahydrate* tertinggi tercatat sebesar 150.000 ton per tahun yang dihasilkan oleh Cosmo Chemical. Sebaliknya, kapasitas produksi terendah tercatat pada Rech Chemical, yakni sekitar 7.000 ton per tahun. Perbedaan signifikan ini menunjukkan adanya variasi skala produksi antarperusahaan, yang dipengaruhi oleh faktor teknologi, sumber daya, serta strategi pengelolaan masing-masing industri. Temuan tersebut penting untuk dianalisis lebih lanjut dalam konteks distribusi pasar maupun daya saing produsen dalam rantai pasok global *ferrous sulphate heptahydrate*.

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Produksi *ferrous sulphate heptahydrate* menggunakan bahan baku *waste pickling liquor*, *scrap iron*, *scall mill* dan asam sulfat. Bahan baku ini bisa didapatkan dari produsen didalam negeri, antara lain:

- PT Krakatau Steel, Cilegon, Banten dengan kapasitas 40.000 ton/tahun *waste pickling liquor* (WPL) dan 12.000 ton/tahun *mill scale*.
- PT Krakatau Jasa Industri, Cilegon, Banten dengan kapasitas 30.000 ton/tahun *mixed scrap*.
- PT Purna Baja Harsco, Cilegon, Banten dengan kapasitas 15.000 ton/tahun *processed waste*.

Untuk menentukan kebutuhan bahan baku pembuatan *ferrous sulphate heptahydrate* dapat dilakukan dengan perhitungan stoikiometri, dimana kapasitas produksi yang akan digunakan besar 65.000 ton/tahun.

1.2.4. Penentuan Kapasitas Pabrik

Hasil proyeksi kebutuhan *ferrous sulphate heptahydrate* pada tahun 2029 menunjukkan angka sebesar 64197,73 ton per tahun. Jika dibandingkan dengan kapasitas produksi industri yang telah ada, diketahui bahwa kapasitas minimum pabrik tercatat sebesar 7.000 ton per tahun, sedangkan kapasitas maksimumnya mencapai 150.000 ton per tahun. Dengan mempertimbangkan proyeksi permintaan tersebut, kapasitas pabrik yang direncanakan ditetapkan sebesar 65.000 ton per tahun. Keputusan ini didasarkan pada pertimbangan strategis untuk memenuhi kebutuhan domestik secara berkelanjutan sekaligus menekan ketergantungan pada impor, sehingga mendukung kemandirian industri dan meningkatkan stabilitas pasokan di pasar dalam negeri.

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Perencanaan penentuan lokasi pabrik merupakan hal yang penting dalam perencanaan suatu pabrik, karena berkaitan keberhasilan dan keberlangsungan hidup suatu pabrik. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik ialah sumber daya manusia, bahan baku, sumber daya manusia, target pemasaran, dll. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat dapat mempengaruhi dari segi teknis maupun ekonomi pabrik.

Penentuan lokasi pabrik ferrous sulfate heptahydrate memerlukan kajian teknis yang komprehensif, mengingat proses produksinya mengandalkan *waste pickling liquor* dan limbah besi sebagai bahan baku utama. Sifat bahan baku yang korosif dan mudah bereaksi menjadikan kedekatan lokasi pabrik dengan pusat industri baja atau metalurgi sebagai faktor strategis, karena dapat meminimalkan waktu transportasi, mengurangi risiko penurunan kualitas bahan, serta menekan potensi bahaya keselamatan kerja akibat penanganan yang tertunda. Penyimpanan bahan baku dalam jangka panjang tidak disarankan, mengingat potensi degradasi komposisi kimia, peningkatan risiko korosi pada peralatan, serta bertambahnya potensi kecelakaan kerja.

Selain faktor pasokan, pemilihan lokasi juga harus memperhatikan ketersediaan infrastruktur pendukung, seperti utilitas proses (air, listrik, uap), fasilitas logistik (jalan akses berat, jalur kereta industri), dan *turnaround time* distribusi yang efisien. Aspek pengelolaan lingkungan menjadi pertimbangan kritis, mengingat limbah yang dihasilkan baik berupa larutan asam bekas, padatan besi oksida, maupun air pencucian memerlukan sistem pengolahan limbah (*waste management*) yang terintegrasi, meliputi instalasi pengolahan air limbah (IPAL) berbasis proses kimia-fisika, fasilitas penampungan sekunder yang tahan korosi, serta mekanisme pengelolaan air hujan untuk mencegah pencemaran silang (*cross-contamination*).

Kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan keselamatan kerja (K3L) perlu diintegrasikan sejak tahap perencanaan melalui penyusunan dokumen AMDAL atau UKL-UPL, perizinan pengelolaan limbah B3, pemilihan material konstruksi yang sesuai (misalnya FRP, rubber lining, atau baja nirkarat tertentu), dan pemasangan sistem pemantauan emisi dan efluen secara daring (*online monitoring*) yang dilengkapi alarm batas. Selain itu, penetapan zona penyangga (*buffer zone*), pengaturan rute transportasi bahan berbahaya yang aman, serta kemitraan formal dengan pemasok limbah industri baja akan meningkatkan keberlanjutan pasokan sekaligus mendukung penerapan prinsip ekonomi sirkular. Dengan pendekatan tersebut, lokasi pabrik tidak hanya memenuhi efisiensi operasional, tetapi juga menjamin kepatuhan terhadap standar keselamatan dan keberlanjutan lingkungan

jangka panjang. Hasil analisis perencanaan penentuan lokasi pabrik menghasilkan suatu matriks penentuan lokasi yang berfungsi memberikan bobot penilaian terhadap alternatif lokasi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan sebelumnya. Adapun hasil penyusunan matriks penentuan lokasi tersebut disajikan pada Tabel 1.4 sebagai dasar pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik yang paling optimal.

Tabel 1.4 Matriks Penentuan Lokasi

Kriteria	Cilegon	cilegon	Cikampek
Ketersediaan Bahan Baku	5	4	3
Kualitas Bahan Baku	5	4	3
Pemasaran dan distribusi	5	4	3
Sumber Daya Manusia	4	4	3
Utilitas dan Infrastruktur	5	5	4
Transportasi	5	5	3
Geografi dan Iklim	4	4	3
Regulasi dan Perizinan	5	4	3
Potensi Perluasan	4	5	3
Pengelolaan Limbah	5	4	3
Pembebasan Lahan	4	4	3

1.3.1. Faktor Utama Penentuan Lokasi Pabrik

a) Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang dibutuhkan pada pembuatan *ferrous sulfate heptahydrate* yaitu *scrap iron*, *pickling liquor*, *scall mill* dan asam sulfat. Asam sulfat dapat diperoleh dari PT Krakatau Steel, Cilegon, Banten dengan kapasitas 40.000 ton/tahun waste pickling liquor (WPL) dan 12.000 ton/tahun mill scale, PT Krakatau Jasa Industri, Cilegon, Banten dengan kapasitas 30.000 ton/tahun mixed scrap, PT Purna Baja Harsco, Cilegon, Banten dengan kapasitas 15.000 ton/tahun processed waste. Jika suatu pabrik berlokasi dekat dengan sumber bahan baku, maka dapat menekan biaya transportasi dan kualitas bahan baku akan terjaga

b) Sifat Bahan Baku dan Produk

Sifat bahan baku dan produk yang mudah berubah karakteristiknya memerlukan perhatian ekstra. Bahan baku yang digunakan tidak mudah rusak dan tidak mudah meleleh. *Ferrous sulfate heptahydrate* juga merupakan produk berbentuk kristal yang memiliki titik lebur cukup tinggi serta tidak memiliki sifat yang berbahaya atau merugikan.

c) Berat produk yang dihasilkan

Pertimbangan terhadap berat produk yang dihasilkan memiliki peran penting dalam perancangan pabrik, sebab faktor ini secara langsung memengaruhi penentuan lokasi fasilitas tersebut. Dalam analisisnya, aspek ini berkaitan dengan konsep *weight gain* dan *weight loss*. *Weight gain* terjadi ketika massa produk akhir lebih besar dibandingkan dengan massa total bahan baku yang diproses. Kondisi tersebut biasanya ditemukan pada jenis proses yang menggunakan bahan baku tambahan yang mudah diperoleh dari lingkungan sekitar, seperti udara atau air. Karena produk yang dipasarkan mengalami peningkatan berat, maka lokasi pabrik sebaiknya ditempatkan sedekat mungkin dengan konsumen. Strategi ini bertujuan untuk meminimalkan biaya distribusi sekaligus mempermudah akses pengiriman produk ke pasar.

Sebaliknya, *weight loss* terjadi apabila massa produk akhir yang dipasarkan lebih kecil daripada massa bahan baku yang masuk ke pabrik. Pada tipe proses ini, biasanya terdapat pembuangan hasil samping yang memiliki nilai ekonomi rendah atau bahkan tidak bernilai, misalnya air limbah yang dialirkan ke sungai atau gas yang dilepas ke udara melalui flare. Karena bobot produk akhir lebih ringan daripada bahan baku, maka efisiensi transportasi menjadi faktor dominan. Oleh karena itu, lokasi pabrik umumnya dipilih sedekat mungkin dengan sumber bahan baku. Dengan cara ini, biaya transportasi bahan baku dapat ditekan seminimal mungkin, sekaligus memudahkan aksesibilitas bahan baku untuk keberlangsungan operasi produksi (Firdaus, 2015). Berdasarkan penjelasan diatas pabrik *ferrous sulfate heptahydrate* atau *ferrous sulphate heptahydrate* bersifat *weight loss* atau berat dari bahan baku lebih berat dibandingkan dengan produk sehingga pabrik lebih baik berada di dekat bahan baku.

d) Pemasaran

Aspek pemasaran merupakan salah satu faktor krusial dalam perancangan pabrik, karena secara langsung memengaruhi potensi keuntungan maupun kerugian yang akan diperoleh perusahaan. Strategi pemasaran yang tepat tidak hanya meningkatkan daya saing, tetapi juga dapat memberikan keuntungan yang signifikan bagi keberlanjutan operasional pabrik. Dalam konteks produk *ferrous sulfate heptahydrate* atau *ferrous sulphate heptahydrate*, segmen pasar utamanya meliputi berbagai sektor industri, seperti industri pengolahan air, pertanian dan perkebunan, produksi fungisida, tekstil, farmasi, serta beberapa bidang industri lainnya yang relevan.

Secara geografis, konsentrasi permintaan terbesar untuk ferrous sulfate heptahydrate berada di Pulau Jawa, khususnya di wilayah Jawa Timur, yang dikenal sebagai pusat kegiatan industri. Beberapa Industri cilegon PT Krakatau Steel, PT Krakatau Jasa Industri, PT Purna Baja Harsco, merupakan industri yang memerlukan pasokan ferrous sulfate heptahydrate dalam proses produksinya. Kehadiran pasar potensial yang terpusat di kawasan ini memberikan peluang strategis bagi penentuan lokasi pabrik, karena kedekatan dengan konsumen utama dapat menekan biaya distribusi serta menjamin kelancaran rantai pasok. Dengan demikian, faktor pemasaran tidak hanya menjadi pertimbangan pendukung, melainkan juga salah satu determinan utama dalam keberhasilan pengembangan pabrik.

e) Ketersediaan tenaga kerja

Ketersediaan sumber daya manusia merupakan faktor penentu keberhasilan dalam pengoperasian pabrik kimia, terutama yang membutuhkan keterampilan khusus dan keahlian teknis. Untuk pabrik dengan kapasitas produksi 65.000 ton/tahun, estimasi kebutuhan tenaga kerja berkisar antara 100 – 120 personel, dengan komposisi sekitar 25% tenaga teknis, 70% staf operasional, dan 5% staf pendukung administratif. Kelompok tenaga teknis mencakup process engineers, instrument technicians, quality control specialists, serta maintenance engineers dengan latar belakang Pendidikan teknik kimia atau disiplin teknis terkait.

Kawasan Industri Krakatau Cilegon memiliki ekosistem industri yang serta basis tenaga kerja berpengalaman yang telah teruji dalam sektor baja, petrokimia,

dan manufaktur kimia. Kehadiran institusi pendidikan teknik, seperti Universitas Sultan Agung Tirtayasa dan berbagai politeknik, menyediakan pasokan tenaga kerja baru untuk posisi tingkat pemula. Sementara itu, tenaga kerja berpengalaman dapat direkrut dari industri yang sudah beroperasi di Kawasan tersebut, dengan menawarkan paket kompensasi yang kompetitif untuk menarik dan mempertahankan personel berkualitas tinggi.

f) Utilitas

Unit pendukung proses memiliki peran yang sangat vital dalam menjamin keberlangsungan kegiatan produksi di sebuah pabrik. Komponen utilitas yang dibutuhkan umumnya mencakup unit penyedia air pendingin, pasokan tenaga listrik, ketersediaan uap, udara tekan, serta bahan bakar sebagai sumber energi utama. Ketersediaan utilitas tersebut tidak hanya menentukan kelancaran operasi, tetapi juga berdampak pada efisiensi biaya dan stabilitas produksi. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik harus mempertimbangkan kedekatan dengan sumber daya pendukung tersebut agar proses produksi dapat berjalan optimal.

Penetapan lokasi di Cilegon merupakan pilihan strategis karena wilayah ini memiliki akses yang relatif mudah terhadap sumber utilitas utama. Untuk pemenuhan kebutuhan air, Kawasan Industri Krakatau Cilegon berada di posisi yang menguntungkan karena dekat aliran Sungai Cidanau, yang dapat menjadi sumber pasokan air pendingin secara berkelanjutan. Sementara itu, kebutuhan listrik akan dipenuhi melalui jaringan distribusi yang disediakan oleh PT PLN sebagai pemasok energi utama di Indonesia. Kedekatan lokasi dengan penyedia utilitas ini menjamin ketersediaan pasokan yang stabil, mengurangi potensi gangguan operasional, serta meningkatkan efisiensi dalam aspek teknis maupun ekonomis.

g) Transportasi

Aspek transportasi bahan baku dan distribusi produk jadi di Kawasan Industri Krakatau Cilegon tergolong sangat mendukung karena didukung oleh infrastruktur yang memadai. Jalur darat menjadi salah satu keunggulan utama kawasan ini, dengan keberadaan jaringan jalan raya yang luas. Kondisi ini memberikan

fleksibilitas tinggi dalam pemilihan moda transportasi, sekaligus mempercepat proses distribusi sehingga dapat menekan biaya logistik.

Selain jalur darat, kawasan ini juga dilengkapi dengan akses transportasi laut melalui keberadaan pelabuhan. Fasilitas ini memungkinkan penggunaan kapal sebagai alternatif atau pelengkap dalam distribusi produk maupun pengangkutan bahan baku, terutama untuk kebutuhan dalam jumlah besar atau untuk tujuan ekspor-impor. Dengan kombinasi infrastruktur darat dan laut tersebut, sistem logistik di cilegon memiliki tingkat efisiensi dan keandalan yang tinggi. Hal ini menjadikan kawasan industri tersebut strategis bagi operasional pabrik, karena mampu mendukung kelancaran rantai pasok serta memperluas jangkauan distribusi produk ke berbagai wilayah, baik domestik maupun internasional.

h) Keadaan geografis dan iklim

Pemilihan lokasi di Kawasan Industri Krakatau Cilegon dinilai cukup menguntungkan karena wilayah ini memiliki kondisi iklim yang relatif stabil dan mendukung keberlangsungan aktivitas industri. Sama seperti sebagian besar wilayah di Indonesia yang beriklim tropis, kawasan ini memiliki suhu udara rata-rata berkisar antara 20–30°C, yang tergolong ideal untuk menunjang kenyamanan kerja sekaligus menjaga kestabilan operasi pabrik. Kondisi iklim yang tidak ekstrem berperan penting dalam mengurangi risiko gangguan terhadap peralatan maupun proses produksi yang sensitif terhadap fluktuasi suhu.

Selain faktor iklim, aspek geologi dan geografis juga menjadi pertimbangan penting. Kawasan Industri Krakatau Cilegon relatif aman dari ancaman bencana alam berskala besar, seperti gempa bumi, tanah longsor, maupun banjir besar, yang pada umumnya dapat mengganggu bahkan menghentikan aktivitas industri. Stabilitas lingkungan fisik ini memberikan jaminan tambahan terhadap kontinuitas operasi pabrik, sehingga proses produksi dapat berlangsung lebih lancar dan minim gangguan eksternal. Dengan demikian, faktor iklim dan kondisi alam yang stabil menjadikan kawasan ini sebagai lokasi yang strategis dan layak dipilih untuk pengembangan industri jangka panjang.

1.3.2. Faktor pendukung Penentuan Lokasi Pabrik

Adapun faktor pendukung penentuan lokasi pabrik, antara lain:

a. Perijinan dan Kebijakan Pemerintah

Pendirian sebuah pabrik tidak lepas dari perijinan dan kebijakan pemerintah. Pengembangan dan pendirian pabrik merupakan salah satu tanggung jawab pemerintah guna mengembangkan industri, membantu perekonomian dan mewujudkan lapangan kerja.

b. Perluasan Pabrik

Perluasan pabrik dalam jangka waktu 10-20 tahun ke depan harus menjadi salah satu pertimbangan dalam pemilihan lokasi. Jika suatu saat diperlukan perluasan area pabrik, maka tidak akan mengalami hambatan untuk mencari lahan. Perluasan pabrik seiring dengan peningkatan investasi pada pabrik.

c. Pembuangan Limbah

Sistem pembuangan limbah merupakan persyaratan utama kepatuhan lingkungan yang harus dipertimbangkan sebagai bagian dari kriteria pemilihan lokasi pabrik. Pabrik ferrous sulfate heptahydrate menghasilkan aliran limbah cair dengan kandungan padatan terlarut tinggi serta limbah padat berupa filter cake dan berbagai jenis limbah perawatan. Pendekatan pengelolaan limbah terintegrasi di kawasan industri Krakatau menawarkan solusi pembuangan yang ekonomis dan sesuai regulasi.

Pengolahan limbah cair dapat dilakukan melalui kombinasi proses presipitasi kimia untuk menghilangkan logam berat, pengolahan biologis untuk degradasi senyawa organik, serta penerapan teknologi membran untuk pemulihan air dengan potensi tingkat pemulihan hingga 70%. Efluen hasil olahan dapat dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah terintegrasi di dalam kawasan industri atau dibuang ke badan air penerima sesuai baku mutu pembuangan, yaitu BOD 30 mg/L dan TSS 50 mg/L.

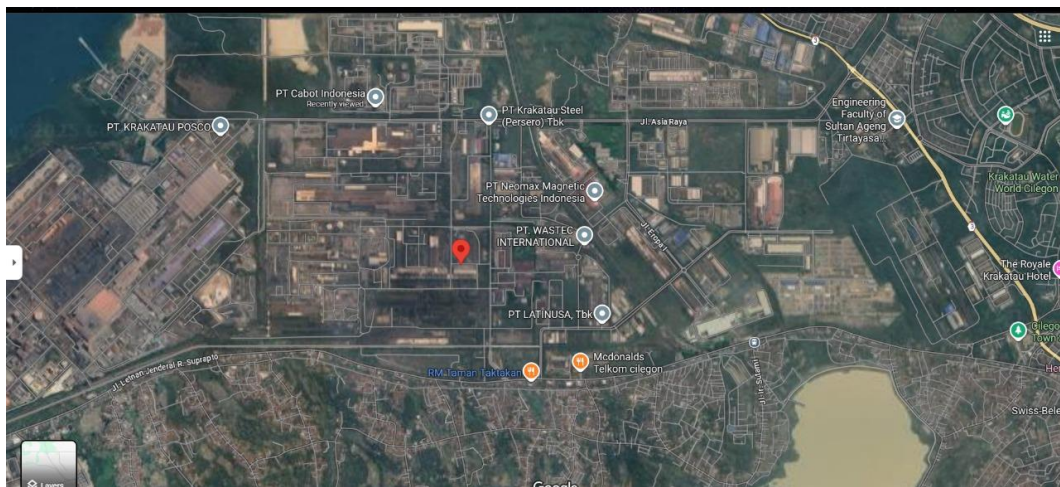
d. Pembebasan Tanah

Strategi akuisisi lahan beserta biaya yang terkait merupakan faktor signifikan dalam perhitungan kelayakan ekonomi proyek dan penentuan jadwal pelaksanaan. Kawasan industri Krakatau menawarkan lahan industri siap pakai dengan status kepemilikan yang jelas serta infrastruktur utilitas yang telah tersedia, sehingga menghilangkan kompleksitas proses akuisisi lahan dan

potensi permasalahan hubungan dengan masyarakat yang kerap muncul pada pengembangan di lahan hijau. Harga lahan sebesar Rp 3,5 juta/m² untuk bidang industri seluas 2,4 hektare menghasilkan total investasi lahan sebesar Rp 8,4 miliar.

Status Hak Guna Bangunan (HGB) memberikan hak pemanfaatan selama 30 tahun dengan opsi perpanjangan, sehingga memberikan tingkat keamanan hukum yang memadai bagi investasi industri. Proses legal due diligence mencakup penilaian potensi kontaminasi tanah, survei geoteknik untuk menentukan parameter desain pondasi, serta konfirmasi kapasitas utilitas. Seluruh proses tersebut dapat dilaksanakan secara efisien berkat prosedur yang telah terstandarisasi dan ketersediaan data historis di kawasan.

Pada denah lokasi rencana pembangunan pabrik *ferrous sulphate heptahydrate* terdapat pada Gambar 1.3



Gambar 1.3 Lokasi Rencana Pembangunan Pabrik Ferrous sulfate heptahydrate

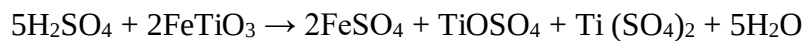
1.4. Tinjauan Proses

Proses pembuatan *ferrous sulphate heptahydrate* bisa dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

- Hasil Samping Pembuatan Titanium Oksida

Berdasarkan patent kode CN103145197A dengan judul “*Refining method of titanium dioxide by-product ferrous sulphate*” menjelaskan bagaimana cara pembentukan ferrous sulphate dari hasil samping titanium oksida dengan cara

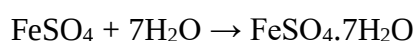
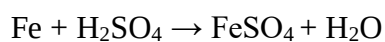
titanium didekomposisi dengan asam sulfat untuk memperoleh titanium dioksida dalam proses diperoleh komponen berupa titanium dioksida, ferrous sulfat(II) dan ferric sulfat(III). Senyawa besi (III) direduksi untuk memperoleh senyawa besi(II). Campuran tersebut kemudian didinginkan untuk kemudian melalui proses kristalisasi untuk membentuk Ferrous sulfat. Reaksi yang terjadi:



Proses ini dapat dilakukan secara batch atau kontinyu pada suhu yang cukup tinggi yaitu 160°C dan terjadi reaksi eksotermis dimana terjadi pelepasan kalor ke lingkungan dan menurunkan energi di dalam sistem, dengan demikian perubahan entalpi sistem bernilai negatif. Endapan dibakar untuk menghilangkan air dan residu, pembakaran perlu dilakukan pada suhu yang sangat tinggi yaitu diatas suhu 950 °C dan akan menghasilkan titanium oksida.

- Reaksi Besi Dengan Asam Sulfat

Berdasarkan patent kode CN107311241A dengan judul “*A kind of preparation method of green vitriol*” menjelaskan bagaimana cara pembentukan ferrous sulfate heptahydrate dengan cara besi bekas dilarutkan dengan campuran larutan asam sulfat encer dan larutan induk. Temperatur reaksi harus berada dibawah suhu 80°C karena jika lebih dari suhu 80°C maka akan menghasilkan sedimentasi ferro sulfat monohidrat. Reaksi yang terjadi:

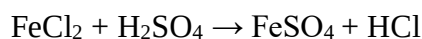


Larutan yang keluar kemudian disaring untuk menghilangkan impuritas atau pengotor dari larutan Ferro sulfat yang sedikit asam, larutan kemudian dialirkan menuju evaporator untuk dipekatkan konsentrasinya, kemudian masuk ke proses pendinginan sebelum di kristalkan oleh kristalizer. Hasil dari kristalizer yaitu produk kristal kemudian dipisahkan menggunakan centrifuge, produk kristal yang masih sedikit basah lalu masuk ke *rotary dryer* untuk dilakukan pengeringan. Kristal ferro sulfat kering masuk ke silo untuk disimpan sementara sebelum di packing sedangkan produk *liquor* di *recycle* menuju evaporator kembali. Proses ini biasanya hanya bisa dilakukan dengan proses

batch sehingga hanya bisa dijalankan dengan kapasitas yang tidak besar dan produk yang dihasilkan cenderung tidak seragam.

- Hasil Reaksi *Pickling Liquor* dan *Scrap Iron*

Berdasarkan patent kode CN1245334C dengan judul “*Production process of ferrous sulfate heptahydrate from magnetite*” menjelaskan bagaimana cara pembentukan ferrous sulfate heptahydrate dengan cara hasil buangan atau limbah dari pabrik baja berupa *pickling liquor* kemudian dimasukkan kedalam reaktor alir tangki berpengaduk untuk direaksikan dengan asam sulfat yang sudah diencerkan dan beroperasi pada suhu 85°C. Kondisi operasi harus dijaga pada suhu 85°C agar tidak terjadi oksidasi yang dapat menyebabkan larutan menjadi ferrisulfat. Waktu reaksi yang dibutuhkan adalah 4 jam (Sumber: Patent,0281732). Untuk menghasilkan kemurnian produk yang tinggi 99% berat, tekanan harus dijaga pada 1 atm. Setelah larutan asam sulfat dan *pickling liquor* tercampur maka reaksi yang terjadi adalah:



Reaksi yang terjadi adalah endotermis sehingga terjadi kekurangan panas. Larutan hasil reaksi yang keluar dari reaktor kemudian dialirkan ke dalam evaporator untuk dipekatkan pada suhu 105°C dan tekanan 1 atm. Hasil keluaran Evaporator dialirkan kedalam cristalizer pada suhu 35°C untuk membentuk kristal proses ini dilakukan selama 4 – 9 jam. Hasil kristal kemudian masuk proses penyaringan oleh *centrifudge* agar terpisah antara kristal ferrous sulphate heptahydrate dengan larutan induknya, kristal ferrous sulphate heptahydrate kemudian masuk ke proses pengeringan oleh rotary dryer untuk menghasilkan kristal yang benar-benar kering, sedangkan produk liquid di *recycle* kembali oleh evaporator. Hasil kristal *ferrous sulfate heptahydrate* kemudian disimpan sementara di silo untuk selanjutnya masuk ke tahap pengepakan.