

BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Mineral ilmenit, atau disebut Fe_3TiO_3 , merupakan salah satu kandungan mineral dalam pasir besi selain magnetit (Fe_3O_4) dan hematit (Fe_2O_3) (Wahyuningsih et al., 2016). Keunggulan ilmenit dibandingkan mineral pasir besi lainnya adalah adanya kandungan titanium dioksidanya (TiO_2), yang merupakan senyawa dengan potensi ekonomi yang tinggi. TiO_2 banyak digunakan sebagai pigmen dalam berbagai jenis industri seperti pangan, kosmetik, cat, keramik, panel surya, dan katalis (Mohar et al., 2013). Meskipun ilmenit tersedia dengan melimpah sebagai sumber daya alam di berbagai kepulauan di Indonesia, namun hingga saat ini 80 hingga 90% ilmenite yang ada di Indonesia tidak dimanfaatkan dan diolah tetapi hanya di ekspor sebagai mineral ikutan yang bernilai sangat rendah dan kebutuhan TiO_2 di Indonesia dipenuhi melalui aktivitas impor seperti yang dilansir di artikel Kemenperin (Ang, 2011). Oleh karena itu, pembangunan pabrik TiO_2 di Indonesia akan memberikan kepraktisan dan fleksibilitas bagi industri lain yang memerlukan TiO_2 sebagai bahan baku produksinya serta meningkatkan nilai jual dari ilmenit.

Proses pengestrakan TiO_2 dari pasir ilmenit umumnya dilakukan dengan menggunakan asam sulfat (98%) (Croce & Mousavi, 2013) sebagai agen pelindihan, dilanjutkan dengan proses termal pada suhu 1000°C . Pelindihan dengan asam merupakan metode yang paling banyak digunakan karena kemudahan dalam prosesnya. Namun metode ini memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan dan peralatan industri karena sifatnya yang korosif. Limbah yang dihasilkan yaitu besi sulfat ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) memiliki nilai ekonomi yang rendah sehingga termasuk sebagai limbah. Selanjutnya ada proses klorida, dimana proses ini menggunakan gas klorin dengan konsentrasi tinggi (>12 Molar) serta harus menggunakan ilmenit dengan kadar TiO_2 tinggi (90–95%) yang harganya mahal. Dengan demikian perlu ditemukan metode ekstraksi TiO_2 yang layak dari segi teknis dan ekonomis (Rajakaruna et al., 2020).

Dalam perancangan pabrik ini, proses yang lebih aman terhadap lingkungan diusulkan, yaitu dengan metode solvotermal (Rajakaruna et al., 2020). Penggunaan senyawa asam masih tidak dapat dihindari di sini, namun, senyawa asam klorida

(sebagai pengganti asam sulfat) digunakan dalam konsentrasi yang lebih rendah yaitu sekitar 6M HCl. Selanjutnya proses termal yang diusulkan dalam perancangan pabrik ini juga membutuhkan suhu yang jauh lebih rendah, yaitu 170°C. Proses reaksi akan berlangsung di dalam *autoclave* (sistem hidrotermal tertutup) untuk menjaga tekanan dan suhu. Dengan metode solvotermal ini, produk TiO₂ fase amorf dengan kemurnian 100% dapat dihasilkan. Selanjutnya TiO₂ amorf akan diproses kalsinasi untuk mendapatkan TiO₂ dengan tingkat kristalinitas yang lebih tinggi yaitu fase anatase dan fase rutil. TiO₂ fase anatase dengan kristalinitas 90% dihasilkan saat di kalsinasi pada suhu 350°C. Sedangkan, TiO₂ fase rutil dengan kristalinitas 98% dihasilkan saat di kalsinasi pada suhu 650°C.

Mengingat banyaknya penggunaan pigmen TiO₂ dalam berbagai industri, dapat diprediksi bahwa kebutuhan TiO₂ akan terus mengalami peningkatan. Oleh karena itu, untuk mengurangi impor TiO₂ dari negara lain sehingga, maka diusulkan perancangan pabrik TiO₂ dalam negeri. Selain dapat meningkatkan fleksibilitas penyediaan TiO₂, pendirian pabrik TiO₂ dalam negeri ini dapat membantu meningkatkan devisa negara. Pabrik TiO₂ ini direncanakan didirikan di kepulauan Bangka Belitung, mengingat ilmenit merupakan salah satu sumber daya utama di kepulauan tersebut. Dimana, diperkirakan 250.000 ilmenit dihasilkan per tahunnya di Kepulauan Bangka Belitung.

I.2. Sifat – Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. Bahan Baku

I.2.1.1. Pasir Ilmenit

Pasir ilmenit adalah bahan baku utama yang akan digunakan dalam proses produksi TiO₂. Adapun ilmenit akan diperoleh dari tambang timah di kepulauan Bangka Belitung. Sifat fisik dan komposisi ilmenit dari kepulauan Bangka Belitung dapat dilihat di Tabel I.1.

Tabel I.1 Sifat fisik dan komposisi ilmenit dari kepulauan Bangka Belitung

Sifat Fisik	Keterangan		
Rumus Molekul	FeTiO ₃		
Berat Molekul	151,75 g/mol		
Penampilan	Padatan hitam		
Titik Lebur	1800 °C		
Karakteristik lain	Magnet lemah		
Densitas	4,68 - 4,76 g/cm ³		
Komposisi	%berat	Komposisi	%berat
FeTiO ₃	87,74%	K ₂ O	0,03%
SiO ₂	1,76%	P ₂ O ₅	0,17%
Al ₂ O ₃	1,78%	Cr ₂ O ₃	2,66%
MnO	2,00%	SnO ₂	1,16%
MgO	1,44%	Lainnya	1,18%
CaO	0,08%		

Sifat fisik dan komposisi ilmenit diperoleh dari (Subagja et al., 2013)

I.2.1.2 Asam Klorida

Asam klorida (HCl) adalah bahan kimia anorganik yang bersifat asam kuat dan mudah larut dalam air. Asam klorida dalam pembuatan TiO₂ digunakan sebagai pelarut untuk FeTiO₃. Karakteristik asam klorida disajikan pada Tabel I.2.

Tabel I.2. Karakteristik asam klorida (Maloney, 2007)

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	HCl
Berat Molekul	36,46 g/mol
Penampilan	Cairan tak berwarna
Bau	Tidak berbau
Densitas (g/cm ³ , @20°C)	1,16
Titik Lebur	-111 °C
Titik Didih	-85°C
Komposisi	Asam klorida 31% dan air 69%
Kelarutan dalam air (g/100mL,30°C)	67,3

I.2.1.3. Natrium Hidroksida

Senyawa ion natrium hidroksida (NaOH) termasuk dalam kategori basa kuat yang memiliki sifat kaustik, korosif dan higroskopis (mudah menyerap air). NaOH berfungsi sebagai pendonor proton Na⁺ dan penstabil pH basa saat reaksi pembentukan TiO₂ (Xiong & He, 2017). Karakteristik NaOH dapat dilihat pada Tabel I.3.

Tabel I.3. Karakteristik Natrium Hidroksida

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	NaOH
Berat Molekul	40 g/mol
Penampilan	Padatan putih
Bau	Tidak berbau
Densitas (g/cm ³ , @25°C)	2,13
Titik Lebur	318 °C
Titik Didih	1388 °C
Komposisi	Sodium hidroksida 98% dan impurities 2%
Kelarutan dalam air (g/100mL,20°C)	109

I.2.1.4. Hidrogen Peroksida

Hidrogen peroksida merupakan bahan kimia peroksida yang umumnya digunakan sebagai oksidator. Memiliki sifat yang tidak stabil dan mudah terdekomposisi saat terkena cahaya. (Abdollahi & Hosseini, 2014). Karakteristik H₂O₂ dapat dilihat pada Tabel I.4.

Tabel I.4. Karakteristik hidrogen peroksida

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	H ₂ O ₂
Berat Molekul	34 g/mol
Penampilan	Cairan tak berwarna
Bau	Sedikit menyengat
Densitas (g/cm ³ , @18°C)	1,13
Titik Lebur	-33 °C
Titik Didih	108 °C
Komposisi	Hidrogen peroksida 35% dan air 65%

I.2.2. Sifat Produk - Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel I.5.

Tabel I.5. Karakteristik Titanium Dioksida Rutile

Sifat Fisik	Keterangan
Rumus Molekul	TiO ₂
Berat Molekul	79,87 g/mol
Penampilan	Bubuk putih
Fase Kristal	Rutile
Kristalinitas (%)	98
Ukuran Kristal (µm)	0,21
Morfologi, Diameter (µm)	<i>Polymorph</i> , 200
Komposisi	TiO ₂ 100%

I.3. Kegunaan dan keunggulan produk

I.3.1. Kegunaan Produk

Produk Titanium Dioksida dari pabrik memiliki tingkat kecerahan dan *refractive index* yang tinggi sehingga dapat diaplikasikan sebagai bubuk pewarna (pigmen) putih pada industri karet, plastik, dan cat.

I.3.2. Keunggulan Produk

Produk yang dihasilkan dari pabrik ini memiliki keunggulan yaitu kemurnian TiO₂ sebesar 99,25%, ukuran partikel ~200 µm (TiO₂ Rutile) sehingga mudah untuk terdispersi. Ditinjau dari kebutuhan produk, TiO₂ berjenis rutile (pigment) cenderung lebih sering digunakan dibanding anatase pada industri target pasar hal ini disebabkan oleh lebih tingginya nilai indeks bias (TiO₂ fase rutile dibanding TiO₂ fase anatase sehingga opasitas (kejernihan warna) dan daya hambur TiO₂ rutile lebih besar pada saat digunakan sebagai pigmen putih. Karena itu pada perancangan pabrik ini direncanakan untuk memproduksi TiO₂ grade rutile dengan kapasitas sebesar 70.000 Ton.

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisis Pasar

I.4.1. Ketersediaan bahan baku utama

I.4.1.1. Pasir Ilmenit

Bahan baku TiO₂ yaitu berupa pasir dan batuan ilmenit dapat diperoleh dari sisa pertambangan timah. Adapun sumber daya alam pasir ilmenit ini ditemukan melimpah di berbagai kepulauan di Indonesia. Beberapa kepulauan dengan potensi jumlah ketersediaan ilmenitnya seperti yang dirangkum pada Tabel I.6.

Tabel I.6. Pulau Penghasil Ilmenit dan Jumlah Ketersediaannya

Pulau	Bentuk Ilmenit	Produksi Ilmenit (Ton)	Jumlah Potensi Ketersediaan (Ton)	REF
Kalimantan	Bersamaan dengan pasir zircon	-	750.000	(Zulfikar et al., 2008)
Papua	Bersamaan dengan endapan pasir besi	-	1.002.000	(Hilman et al., 2014)
Jawa	Bersamaan dengan endapan pasir besi	-	1.912.132	(Hilman et al., 2014)
Maluku	Bersamaan dengan endapan pasir besi	-	285.944	(Hilman et al., 2014)
Bangka dan Belitung	Bersamaan dengan batuan timah	300.000	48.376.325	(Herman, 2015)
Sumatera	Bersamaan dengan endapan pasir besi	-	1.593.413	(Hilman et al., 2014)

Dengan pertimbangan bahwa hanya pulau Bangka dan Belitung yang memproduksi ilmenit, serta memiliki cadangan potensi ilmenit yang cukup banyak. Maka bahan baku akan disuplai dari kepulauan Bangka Belitung khususnya berasal dari *tailing* perusahaan tambang timah yaitu PT. Timah Tbk. yang telah dipisahkan dari kandungan timahnya.

I.4.1.2. Asam Klorida

Asam Klorida (HCl) akan diperoleh dari beberapa pabrik yaitu PT. Tjiwi Kimia yang berlokasi di Desa Keramat Temenggung dengan kapasitas produksi sebesar 85.000 ton/tahun (kadar kemurnian 32%), PT. Asahimas Chemical yang berlokasi di Kota Cilegon dengan kapasitas produksi sebesar 82.000 ton/tahun (kadar kemurnian 32%), PT. Sulfindo Adiusaha yang berlokasi di Kabupaten Serang dengan kapasitas produksi 131.000 ton/tahun (kadar kemurnian 32%), PT. Pakerin yang berlokasi di Kota Mojokerto, Jawa Timur dengan kapasitas 100.000 ton/tahun.

I.4.1.3. Bahan Baku Penunjang

Bahan baku penunjang yang digunakan adalah natrium hidroksida (NaOH) dan hidrogen peroksida (H₂O₂).

I.4.1.3.1. Natrium hidroksida (NaOH) diperoleh dari PT. Asahimas Subentra Chemical yang berlokasi di Kota Cilegon dengan kapasitas produksi sebesar 370.000 ton per tahun, kadar kemurnian 48-50% dan 98-100%.

I.4.1.3.2. Hidrogen peroksida (H₂O₂) diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida yang berlokasi di Kota Gresik dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton per tahun, kadar kemurnian 30%.

I.4.2. Analisa Pasar

I.4.2.1. Impor Titanium dioksida

Peluang pemasaran pigmen TiO₂ di Indonesia sangatlah besar, dimana kebutuhan pasar selama ini selalu dipenuhi melalui impor. Data impor TiO₂ yang diperoleh dari Commodity Channel Index (CCI) pada tahun 2014-2018 dapat dilihat pada Tabel I.7. Terlihat bahwa jumlah impor TiO₂ di Indonesia cukup tinggi, yaitu mencapai 90.000 ton per tahunnya. Dengan demikian pabrik TiO₂ yang direncanakan ini memiliki potensi untuk penjualan produk yang cukup baik. Pigmen TiO₂ dengan grade rutil direncanakan sebagai hasil produksi pabrik ini, dimana target pemasarannya adalah industri cat, plastik, karet dan kertas.

Tabel I.7. Data impor titanium dioksida beberapa tahun terakhir

<i>N</i>	Tahun	Jumlah (ton)	CAGR*(Year on year)
1	2014	85.784	-
2	2015	86.531	0,0087
3	2016	97.731	0,1294
4	2017	106.322	0,0879
5	2018	101.890	-0,0417
			Rata-rata = 0,0461

$$*CAGR = \left(\frac{\text{nilai akhir}}{\text{nilai awal}} \right)^{1/t} - 1, \text{ dimana } t = \text{periode tahun}$$

Contoh perhitungan :

CAGR pada tahun 2016

Jumlah impor pada tahun 2015 = 86.531 ton

Jumlah impor pada tahun 2016 = 97.731 ton

$t = 1$ tahun

$$\text{CAGR} = \left(\frac{\text{Jumlah impor pada tahun 2016}}{\text{Jumlah impor pada tahun 2015}} \right)^{1/t} - 1$$

$$\begin{aligned} \text{CAGR} &= \left(\frac{97.731}{86.531} \right)^{1/1} - 1 \\ &= 0,1294 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata rata CAGR} &= \frac{\text{total CAGR dari tahun 2014 hingga tahun 2018}}{\text{periode tahun}} \\ &= \frac{0,0087 + 0,1294 + 0,0879 - 0,0417}{4} \\ &= 0,0461 \end{aligned}$$

Data pada Tabel I.7. digunakan sebagai dasar penentuan jumlah kebutuhan pasar (*demand*) pada tahun 2025. Pendekatan dengan menggunakan regresi linear memberikan akurasi yang buruk dimana kesesuaian model linear hanya mencapai nilai $R^2 = 0,8$. Oleh karena itu pendekatan dengan metode Tingkat Pertumbuhan Tahunan Gabungan (Compound Annual Growth Rate, CAGR), nilai CAGR dari aktivitas impor TiO₂ per tahun disajikan di Tabel I.8 dan didapatkan rata-rata CAGR adalah 0,0461 (atau 4,61%). Dengan metode pendekatan CAGR, didapatkan pada tahun 2025 kebutuhan impor TiO₂ di Indonesia adalah sebesar 139.683,14 ton.

I.4.2.2. Ekspor TiO₂

Data ekspor TiO₂ didapatkan dari CCI, dimana terjadi proses reekspor. Reekspor memiliki pengertian pengembalian kembali barang yang telah diimpor ke negara asal pengeksportnya, hal ini terjadi ketika barang yang diimpor tidak sesuai dengan apa yang telah dipesan, rusak, atau tidak memenuhi standar izin dari pemerintah. (dari tabel dapat dilihat perbedaan jumlah ekspor dan impor yang signifikan).

Tabel I.8. Data ekspor titanium dioksida beberapa tahun terakhir

<i>N</i>	Tahun	Jumlah (ton)	CAGR* (<i>year on year</i>)
1	2014	1.981	-
2	2015	1.418	-0,2842
3	2016	6.439	3,5409
4	2017	0	-1
5	2018	2.710	-3513
Rata - rata			0,4764

$$*\text{CAGR} = \left(\frac{\text{nilai akhir}}{\text{nilai awal}} \right)^{1/t} - 1, \text{ dimana } t = \text{periode tahun}$$

Data pada Tabel I.8 digunakan sebagai dasar penentuan jumlah kebutuhan pasar (*supply*) pada tahun 2025. Pendekatan dengan metode Tingkat Pertumbuhan Tahunan Gabungan (Compound Annual Growth Rate, CAGR), nilai CAGR dari aktivitas ekspor TiO₂ per tahun disajikan pada Tabel 1.8. dan didapatkan rata – rata CAGR adalah 0,4764 (atau 47,64%). Dengan metode pendekatan CAGR didapatkan pada tahun 2025 ekspor TiO₂ Indonesia adalah sebesar 41.430,51 ton.

I.4.2.3. Penentuan Kapasitas Pabrik

Prediksi kebutuhan impor dan ekspor TiO₂ pada tahun 2025 didapatkan adalah sebesar 139.683,14 ton dan 41.430,51 ton, dimana angka ini diperoleh dari metode estimasi yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya. Hingga saat ini masih belum ada pabrik yang memproduksi TiO₂ di dalam negeri sehingga kebutuhan TiO₂ selalu dipenuhi oleh beberapa perusahaan yang mendistribusikan TiO₂ hasil impor dari negara lain. Nilai kekosongan pasar pada tahun 2025 ditinjau dari prediksi jumlah ekspor, impor, produksi dan konsumsi adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Impor} &= 139.683,14 \text{ ton} \\ \text{Ekspor} &= 41.430,51 \text{ ton} \\ \text{Konsumsi} &= \text{impor} - \text{ekspor} = 93.446,27 \text{ ton} \\ \text{Produksi} &= 0 \text{ ton} \\ \text{Kekosongan pasar} &= \text{impor} - \text{ekspor} - \text{produksi} \\ &= 139.683,14 - 41.430,51 - 0 \\ &= 98.252,63 \text{ ton}\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan jumlah kebutuhan pasar adalah sebesar 98.252,63 ton untuk tahun 2025.

Dalam penentuan kapasitas pabrik perlu diperhatikan juga jumlah kebutuhan bahan baku yang diperlukan dan ketersediaannya. Besarnya nilai konversi produk TiO₂ dari bahan baku ilmenit adalah 38% (Rajakaruna et al., 2020), sehingga besarnya kebutuhan bahan baku dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{konversi} \times \text{jumlah kebutuhan bahan baku (ton)} &= \text{jumlah kebutuhan pasar (ton)} \\ \text{jumlah kebutuhan bahan baku (ton)} &= \frac{1}{0,38} \times 98.252,63 \text{ ton} \\ &= 258.559,54 \text{ ton}\end{aligned}$$

Bahan baku yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pasar pada tahun 2025 adalah sebesar 258.559,54 ton, dan suplai bahan baku dari Bangka Belitung adalah sebesar 300.000 ton. Dengan mengasumsi bahwa jumlah pasir ilmenit yang disuplai dari pulau Bangka Belitung adalah tetap per tahunnya, seperti yang ditunjukkan subbab I.4.1 tentang ketersediaan bahan baku, maka dapat dikatakan bahan baku cukup untuk memenuhi kapasitas produksi yang diinginkan. Sehingga diputuskan kapasitas produksi menjadi 64,20% dari kebutuhan pasar yaitu sebesar 63.076 ton ~63.000 ton.

Dari analisa diatas, kapasitas dari pabrik adalah sebesar 63.000 ton TiO₂ per tahun. Mengingat bahwa setiap pabrik memiliki Faktor Operasi (FO) antara 0.8 – 0.9 (Cabaniss et al., 2014), maka rencana kapasitas produksi perlu ditingkatkan sesuai dengan nilai FO. Dalam prarencana pabrik ini, ditentukan nilai FO adalah 0.9, maka kapasitas produksi TiO₂ yang direncanakan adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total kapasitas produksi TiO}_2 &= 63.000 \text{ ton} / 0,9 \\ &= 70.000 \text{ ton}\end{aligned}$$

Dengan demikian bahan baku yang dibutuhkan menjadi 184.210,53 ton dan masih memenuhi syarat ketersediaan bahan baku.