



BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Kebutuhan energi dunia terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri. Ketergantungan terhadap energi fosil terutama pada kendaraan berbahan bakar fosil yang menyebabkan peningkatan emisi karbon dioksida (CO_2) yang signifikan, sehingga memiliki dampak yang besar terhadap perubahan iklim global. Saat ini utilisasi energi bersih sedang gencar dikembangkan oleh banyak peneliti untuk menggantikan penggunaan bahan bakar fosil, salah satunya adalah *fuel cell electric vehicle* (FCEV) (Mitra dkk, 2022).

Pengembangan mobil Listrik di Indonesia didukung oleh pemerintah dengan adanya pengurangan pajak. Dalam Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 27 Tahun 2022 pemerintah Indonesia menargetkan produksi lokal setiap tahunnya untuk mobil Listrik 600.000 kendaraan beroda empat dan 2.450.000 kendaraan beroda dua. Pertumbuhan kendaraan Listrik di Indonesia diprediksi dengan *Compounded Annual Growth Rate* (CAGR) mencapai 20,96% hingga 2029 setiap tahunnya (Maximize Market Research PVT. LTD., 2023). Oleh karena itu, pengembangan kendaraan listrik di Indonesia yang memiliki potensi besar ini perlu diimbangi dengan kebutuhan bahan bakar yang besar, salah satunya adalah dengan bahan bakar hydrogen (Bermudez dkk, 2023).

Selain menjadi bahan bakar dari FCEV, hydrogen merupakan salah satu bahan yang dibutuhkan diberbagai industri, seperti produksi methanol, ammonia dan lainnya (Bermudez dkk, 2023). Dengan kebutuhan hydrogen yang besar, pasar hydrogen menjadi objek yang menjanjikan. Metode produksi hydrogen yang paling umum diproduksi adalah reformasi metana uap (Steam Methane Reforming/SMR) dan gasifikasi batu bara, tetapi dua macam produksi hydrogen tersebut menghasilkan emisi CO_2 yang signifikan dan sering disebut dengan hydrogen abu (*grey hydrogen*). Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah ini, sumber hydrogen yang berbeda dan lebih bersih diperlukan untuk aplikasi transisi energi (IRENA, 2019)



Produksi hidrogen kedepannya diprediksi akan mendahului produksi hidrogen yang beremisi karbon rendah yang dikenal dengan nama produk *green hydrogen*. *Green Hydrogen* ini dihasilkan dengan proses pemecahan molekul air dengan elektrolisis. Elektrolisis air merupakan proses yang ramah lingkungan karena hanya menghasilkan oksigen sebagai produk samping, tanpa emisi karbon dioksida (CO_2). Proses ini memecah air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) melalui arus listrik yang dialirkan melalui larutan elektrolit, yang biasanya terdiri dari air dan bahan kimia seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Menurut Srinivasan et al., (2024), negara-negara Eropa Tengah, China, Jepang, dan Korea Selatan akan menjadi importer hidrogen hijau terbesar di dunia. Selain itu, beberapa Perusahaan yang sudah mengembangkan elektrolisis air secara komersial seperti, NEL, Asahi Kasei, Thyssenkrupp, dan masih banyak lagi.

I.2 Kegunaan Produk

Hidrogen (H_2) merupakan suatu unsur kimia yang dibutuhkan serta memiliki berbagai aplikasi

1. Bahan Bakar Transportasi

Hidrogen dapat digunakan dalam sel bahan bakar (fuel cell) untuk kendaraan listrik dan dapat digunakan untuk transportasi jarak jauh seperti truk, kereta, dan kapal karena memiliki kepadatan energi tinggi.

2. Penyimpanan dan Konversi Energi

Hidrogen dapat disimpan dalam jumlah besar (dari skala MWh hingga TWh) di berbagai media dan dikonversi kembali menjadi listrik melalui sel bahan bakar atau digunakan untuk pembangkit listrik.



3. Industri dan Manufaktur

Hidrogen digunakan dalam berbagai proses industri, seperti produksi amonia (untuk pupuk), pengolahan besi dan baja, serta pembuatan metanol. Hidrogen juga berperan dalam hidrodeshulfurisasi di kilang minyak untuk menghilangkan belerang dari bahan bakar.

4. Pemanasan dan Listrik

Hidrogen dapat digunakan dalam turbin gas atau pembangkit listrik tenaga hidrogen. Memungkinkan pemanfaatan kembali dalam jaringan gas alam dengan injeksi hidrogen atau metanasi.

(Quarton dkk., 2019)

I.3 Perencanaan Pabrik

Salah satu aspek penting dalam proses merancang suatu pabrik adalah menentukan kapasitas perencanaan produksi. Hal ini menjadi penting untuk ditinjau dikarenakan akan mempengaruhi sektor ekonomi pabrik, sehingga perlu adanya pertimbangan agar mendapatkan laba dengan maksimum dengan biaya yang seminimum mungkin. Dalam menentukan kapasitas suatu pabrik diperlukan pertimbangan kebutuhan produk yang akan dihasilkan, yakni dari sisi produksi, konsumsi, ekspor dan impor. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, data ekspor-impor hidrogen di Indonesia dari tahun 2020-2024 adalah sebagai berikut

Tabel I.1 Data ekspor-impor hidrogen di Indonesia

No	Tahun	Impor	Ekspor
1	2020	143.011	23.070
2	2021	213.805	32.639
3	2022	224.879	13.663
4	2023	235.980	73.700
5	2024	441.039	39.963

(BPS,2025)



Kebutuhan hidrogen di Indonesia saat ini dipenuhi oleh produsen dalam negeri. Nama perusahaan yang terdaftar sebagai produsen hidrogen pada data Kementerian, Perindustrian dan Perdagangan Indonesia disajikan pada tabel berikut

Tabel I.2 Data Perusahaan dan Kapasitas

No	Nama Produsen	Bahan Baku	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	PT.Samator Industri Sulawesi	Gas Alam	168.000
2	PT Kilang Pertamina Internasional	Gas Alam	68.000
3	PT. PLN	Air	200

Konsumsi hidrogen menurut data statistik yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) tentang kebutuhan linear hidrogen di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat. Data konsumsi atau pemakaian akan hidrogen di Indonesia pada tahun 2020 sampai tahun 2024 disajikan pada tabel berikut

Tabel I.3 Data Kebutuhan Hidrogen

Tahun	Jumlah (ton/tahun)
2020	166.081
2021	246.444
2022	238.542
2023	309.680
2024	481.002

Kapasitas produksi pabrik dapat ditentukan dengan metode discounted dengan persamaan :

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

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

Keterangan :

P = Besarnya impor / ekspor tahun terakhir (ton/tahun)

I = Kenaikan impor / ekspor rata – rata



n = Selisih tahun terakhir dengan tahun didirikannya pabrik

$M1$ = Nilai impor tahun pabrik didirikan (ton/tahun)

$M2$ = Kapasitas produksi pabrik dalam negeri (ton/tahun)

$M3$ = Kebutuhan produksi tahun pabrik didirikan (ton/tahun)

$M4$ = Nilai ekspor pada tahun pabrik didirikan (ton/tahun)

$M5$ = Nilai konsumsi dalam negeri pada tahun terakhir (ton/tahun)

Dengan menggunakan data impor dan ekspor diperoleh pertumbuhan impor sebesar 37% dan pertumbuhan ekspor 94,24%. Untuk mencari nilai impor pada tahun 2030 adalah sebagai berikut:

$$M1 = P (1+i)^n = 441.039(1 + (37\%))^{(2030-2024)}$$

$$M1 = 2.868.999,023 \text{ ton/tahun}$$

Sedangkan untuk mencari nilai ekspor pada tahun 2030 adalah sebagai berikut:

$$M4 = P (1+i)^n = 39.963(1 + (94,24\%))^{(2030-2024)}$$

$$M4 = 750.067,8573 \text{ ton/tahun}$$

Perhitungan untuk mencari perkiraan nilai konsumsi pada tahun 2030 adalah:

$$M5 = P (1+i)^n = 481.002(1 + (33\%))^{(2030-2024)}$$

$$M5 = 2.612.420 \text{ ton/tahun}$$

Nilai dari kapasitas pabrik lama ($M2$) dapat diketahui berdasarkan tabel I.2 diperoleh total produksi hidrogen dalam negeri sebesar 236.200 ton/tahun.

Pabrik hidrogen ini direncanakan akan beroperasi pada tahun 2030, maka untuk mencari kapasitas hidrogen pada tahun 2030 adalah sebagai berikut :

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

$$M3 = (750.067,85+2.612.420)-(2.868.999,02+236.200)$$

$$M3 = 257.467 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, pabrik hidrogen yang akan didirikan memiliki kapasitas 20% dari total perkiraan kapasitas hidrogen pada tahun 2030, yaitu 50.000 ton/tahun.



I.4 Spesifikasi Bahan Baku

I.4.1 Bahan Baku

I.4.1.1 Air

A. Sifat Fisika

- a. Rumus Molekul : H_2O
- b. Berat Molekul : 18,02 g/mol
- c. Wujud : Cair
- d. Densitas : 996,7 kg/m³
- e. Titik Didih : 100°C
- f. pH : 7
- g. Warna : Tidak berwarna

B. Sifat Kimia

1. Air memiliki ikatan kovalen polar antara hidrogen dan oksigen
2. Tidak dapat melarutkan zat non-polar seperti minyak dan lemak.

(Perry 8th Edition Page 2-27, 2008)

I.4.1.2 Natrium Hidroksida (NaOH)

A. Sifat Fisika

- a. Rumus Molekul : NaOH
- b. Berat Molekul : 40 g/mol
- c. Wujud : Padat
- d. Warna : Putih
- e. Titik Didih : 1390°C
- f. Titik Lebur : 318°C
- g. Kelarutan dalam air: 1110 g/L (20°C)

B. Sifat Kimia

1. Natrium Hidroksida dapat larut dalam air dan etanol
2. Bersifat korosif



C. Spesifikasi Bahan

Tabel I.4 Spesifikasi Bahan Natrium Hidroksida

Nama	Formula	Jumlah	Satuan
Natrium Hidroksida	NaOH	98	%wt
Air	H ₂ O	2	%wt
Total		100	%wt

(PT. Asahimas Chemical, 2018)

I.4.2 Produk Utama

I.4.2.1 Hidrogen (H₂)

A. Sifat Fisika

- Rumus Molekul : H₂
- Berat Molekul : 2,016 g/mol
- Wujud : Gas
- Densitas : 0,0824 kg/m³
- Titik Didih : -252,7°C
- Titik Lebur : -259,1°C
- Suhu Kritis : 33,3 K

B. Sifat Kimia

- Hidrogen dapat membentuk ikatan kovalen dengan banyak unsur lain, seperti oksigen, karbon, dan nitrogen.
- Hidrogen memiliki sifat reduktor yang kuat dalam banyak reaksi kimia

(Perry 8th Edition Page 2-15, 2008)



I.4.3 Produk Samping

I.4.3.1 Oksigen (O₂)

A. Sifat Fisika

- a. Rumus Molekul : O₂
- b. Berat Molekul : 32 g/mol
- c. Wujud : Gas
- d. Densitas : 1,3985 kg/m³
- e. Titik Didih : -183°C
- f. Titik Lebur : -218,4°C
- g. Suhu Kritis : 33,3 K

B. Sifat Kimia

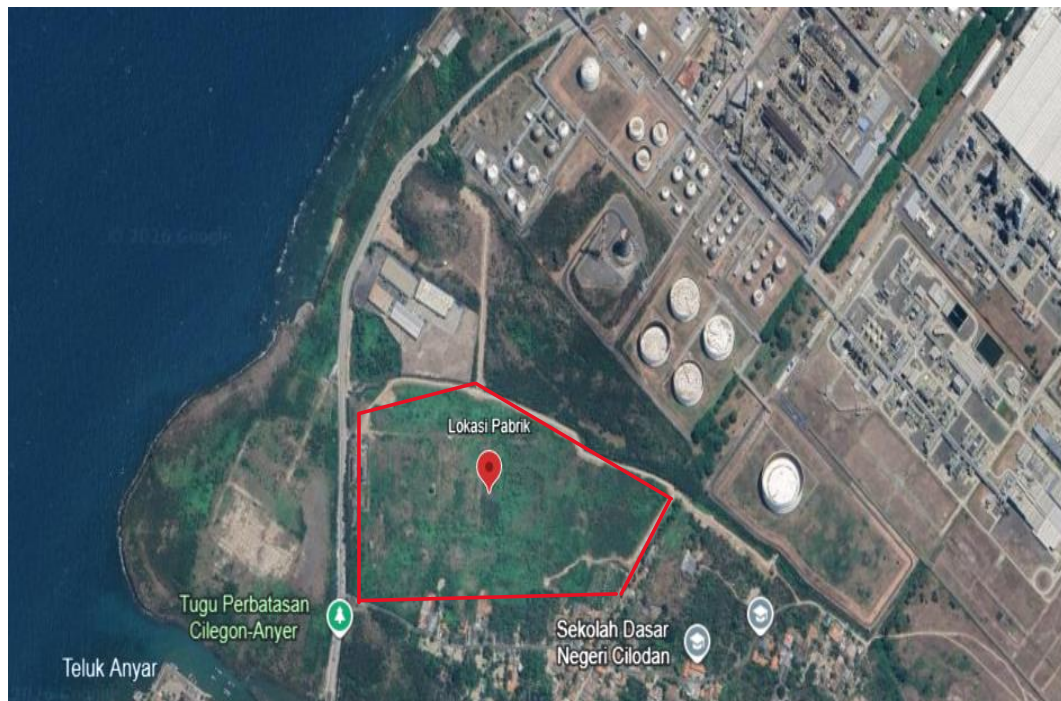
1. Oksigen dapat terlarut dalam air dengan jumlah yang kecil
2. Oksigen dapat bereaksi dengan semua elemen kecuali cahaya, helium, neon dan argon.

(Perry 8th Edition Page 2-20, 2008)



I.5 Pemilihan Lokasi dan Tata Letak Pabrik

Dalam perencanaan suatu pabrik, penentuan lokasi suatu pabrik merupakan salah satu faktor utama dan penting dalam menentukan keberhasilan suatu pabrik. Penentuan ini juga ditinjau dari segi ekonomis, yang merupakan persentase pengembalian modal tiap tahun. Daerah operasi ditentukan oleh faktor utama, sedangkan tepatnya lokasi pabrik yang dipilih ditentukan oleh faktor-faktor khusus. Setelah mempelajari dan mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi penentuan lokasi tersebut Pabrik Hidrogen direncanakan akan didirikan di Kota Cilegon, Banten.



Gambar I.1 Lokasi Pendirian Pabrik

A. Faktor Utama Pemilihan Lokasi

1. Bahan Baku

Persediaan bahan baku dalam suatu pabrik adalah merupakan salah satu faktor penentuan dalam memilih lokasi pabrik yang tepat, dalam hal ini bahan baku yang digunakan berasal dari produk lokal dalam negeri. Bahan baku berupa natrium hidroksida yang diperoleh dari PT. Asahimas Chemical (berjarak 3 km) dengan waktu tempuh 10 Menit. Air yang



langsung di ambil dan di oleh di unit Utilitas dari Laut Jawa dibagian barat lokasi pabrik yang akan di dirikan.

2. Pemasaran

Pasar untuk Hidrogen diantaranya industri kimia PT. Chandra Asri Pacific, PT. Krakatau Steel, dan PT. Indorama Petrochemicals sehingga bisa dilihat dari banyaknya produk disetiap industri maka permintaan produk Hidrogen ini dapat didistribusikan ke mana saja. Sehingga distribusi dan pemasaran dapat dilakukan dengan mudah dengan menggunakan jalur baik darat maupun laut.

3. Tenaga Listrik dan Bahan Bakar

Sumber energi yang dibutuhkan dalam pabrik adalah Energi Listrik yang disuplay dari PT. PLN (Persero). Kebutuhan bahan bakar Fuel Oil diperoleh dari PT. Pertamina (Persero).

4. Persediaan Air

Persediaan air untuk kebutuhan pabrik selama proses produksi yaitu diambil dari sumber air terdekat yaitu dari Laut Jawa. Rute jarak Laut Jawa ke lokasi pendirian pabrik di kecamatan Ciwandan, Cilegon sekitar 1 km sehingga lokasi pendirian dekat dengan Laut Jawa.

5. Iklim dan Cuaca

Temperatur Setempat berkisar antara 23°C sampai dengan maksimum 35°C. Kelembaban relatif sekitar 73% sampai 94%, sedangkan arah angin utama dari Utara ke Selatan. Kawasan ini berada pada zona 3 berdasarkan klasifikasi zona gempa Indonesia. Lokasi ini juga tidak menjadi kawasan yang rawan banjir.

B. Faktor Khusus Pemilihan Lokasi

1. Transportasi

Lokasi pendirian pabrik di kecamatan Padangan Kabupaten Cilegon dimana lokasi dekat dengan pengadaan bahan baku, maupun pendistribusian hasil produksi melalui jalur darat dengan menggunakan transportasi Truk. Transportasi darat dapat menggunakan transportasi truk untuk pemasaran maupun pengambilan bahan baku. Produk akan



didistribusikan ke beberapa pabrik yang membutuhkan bahan baku Hidrogen seperti PT. Chandra Asri Pacific, PT. Krakatau Steel, dan PT. Indorama Petrochemicals

2. Buangan Pabrik

kembalikan ke lingkungan. Pembuangan limbah cair ini akan disalurkan kembali ke Waste Water Treatment buangan pada kawasan industri ini sebagai upaya mematuhi Peraturan Pemerintah Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri, Pasal 11 Ayat (1) Perusahaan Kawasan Industri wajib menyediakan infrastruktur dasar di dalam Kawasan Industri, paling sedikit meliputi Instalasi Pengolahan Air Limbah

3. Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang akan direkrut dapat dengan mudah didapatkan khususnya untuk warga dan masyarakat sekitar dengan mengedepankan kompetensi sesuai dengan kebutuhan. Upah yang berada di kawasan Cilegon memiliki UMR (Upah Minimum Regional) yang cukup tidak membebani perusahaan.

4. Karakteristik Lokasi

Kondisi lingkungan di kawasan Ciwandan, Cilegon sangat strategis dan mendukung operasional industri tetap terjaga aspek asrinya dengan vegetasi lokal yang rindang di sepanjang pesisir Laut Jawa bagian Barat. Lokasi ini memiliki aksesibilitas tinggi terhadap layanan darurat, dekat dengan pos pemadam kebakaran, serta didukung infrastruktur komunikasi yang stabil melalui jaringan serat optik nasional. Lahan di wilayah ini cenderung datar dan stabil, dengan elevasi sekitar 2,3 hingga 3 meter di atas permukaan jalan raya, sehingga meminimalisir risiko genangan air dan memudahkan mobilisasi alat berat selama masa konstruksi. Mayoritas sektor industri di sekitar wilayah Cilegon kini mulai berkembang ke arah pengolahan sumber daya alam dan kimia, menjadikan ekosistem industri di Ciwandan sangat kondusif bagi pertumbuhan pabrik kimia.