



BAB I PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Di antara sekian banyak peningkatan kebutuhan energi di Indonesia, salah satu yang cukup menarik untuk ditinjau adalah kebutuhan hidrogen. Perkembangan sektor perindustrian di Indonesia berakibat pada semakin meningkat pula kebutuhan energi, dan salah satunya adalah hidrogen. Hidrogen merupakan salah satu gas yang memiliki banyak fungsi di dunia industri. Di antaranya adalah sebagai agen sintesis senyawa organik, katalis dalam proses *hydrocracking*, hidroalkelasi, dan hidrodeshidrogenasi dalam industri petrokimia. Proses bahan bakar dalam industri ammonia, hidrogenasi dalam pembuatan minyak nabati, katalis proses hidrogenasi lemak dalam industri *food and beverages*, agen reduktor dalam industri material, dan masih banyak lagi. Namun pada kenyataannya, produksi hidrogen di Indonesia sekarang ini masih belum mampu menutupi kebutuhan pasar industri, sehingga mengakibatkan pemerintah harus melakukan impor hidrogen dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data dari kementerian Perindustrian Indonesia jumlah impor hidrogen semakin meningkat dalam kurun waktu delapan tahun terakhir ini.

Tujuan perancangan pabrik pembuatan hidrogen dari gas alam (*natural gas*) dengan proses *steam methane reforming* adalah untuk mengaplikasikan ilmu teknik kimia yang meliputi neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, operasi teknik kimia, utilitas, dan bagian ilmu teknik kimia lainnya, juga gambaran untuk memenuhi aspek ekonomi dalam pembiayaan pabrik sehingga memberikan gambaran kelayakan pra perancangan pabrik pembuatan hidrogen dari gas alam (*natural gas*) dengan proses *steam reforming*.

Manfaat pra rancangan pabrik pembuatan hidrogen dari gas alam dengan proses *cracking* adalah memberi gambaran kelayakan (*feasibility*) dari segi rancangan dan ekonomi pabrik ini untuk dikembangkan di



Indonesia. Dimana nantinya gambaran tersebut menjadi patokan untuk pengambilan keputusan terhadap pendirian pabrik tersebut. Pembuatan hidrogen dari gas alam dengan proses *cracking* diharapkan memenuhi kebutuhan dalam negeri Indonesia di masa yang akan datang. Manfaat lain yang ingin dicapai adalah terbukanya lapangan kerja dan memacu rakyat untuk meningkatkan produksi dalam negeri yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.

I.2. Sejarah Perkembangan Pabrik

Hidrogen pertama kali ditemukan oleh Paracelus pada tahun 1493-1541, dia mengatakan apabila suatu asam sulfat direaksikan dengan besi akan timbul udara yang menyembur seperti angin. Pada tahun 1700, *Lamery* menyimpulkan bahwa pencampuran antara hidrogen dengan udara akan meledak bila dikenai dengan nyala api. Pada tahun 1766, *Candevish* membuktikan bahwa hidrogen yang terbakar pada udara tidak akan membentuk zat lain selain air. Pada tahun 1783, *Lavoiser* memberikan nama kepada hidrogen. (Kirk-Orthmer, 1967).

Pada tahun 1997, PT. Samator Gresik mendirikan unit hidrogen dan karbon dioksida yang bertujuan untuk memenuhi permintaan pasar terhadap hidrogen dan karbon dioksida serta kebutuhan unit ASP. Bahan baku yang digunakan untuk produksi hidrogen dan karbon dioksida adalah gas alam. Jenis proses produksi yang digunakan adalah steam reforming dengan kapasitas produksi hidrogen sebesar 1.000 Nm³/jam.

Pada tahun 2003, PT Pertamina (Persero) UP VI Balongan mendirikan hydrogen plant unit *Hydrogen Plant* (Unit 22) merupakan unit yang dirancang untuk memproduksi hidrogen dengan kemurnian 99% sebesar 76 MMSFSD dengan *feed* dan kapasitas sesuai desain. Pabrik ini dirancang dengan *feed* dari *Refinery Off Gas* dan *natural gas*.



I.3. Sifat Fisik dan Kimia

I.3.1. Bahan Baku

A. *Natural Gas* (Gas Alam)

Gas alam sering juga disebut sebagai gas bumi atau gas rawa, adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana. Ia dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas bumi dan juga tambang batu bara. Ketika gas yang kaya dengan metana diproduksi melalui pembusukan oleh bakteri anaerobik dari bahan-bahan organik selain dari fosil, maka ia disebut biogas. Sumber biogas dapat ditemukan di rawa-rawa, tempat pembuangan akhir sampah, serta penampungan kotoran manusia dan hewan.

Komponen utama dalam gas alam adalah metana (CH_4), yang merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan. Gas alam juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat seperti etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana (C_4H_{10}) pentana (C_5H_{12}), hexana (C_6H_{14}), dan juga gas-gas yang mengandung sulfur (belerang). Gas alam juga merupakan sumber utama untuk sumber gas helium.

Tabel 1.1 Komposisi Gas Alam

| Komponen Gas Alam | % mol | BM |
|-------------------|--------|--------|
| Metana | 96,910 | 16,040 |
| Etana | 2,370 | 30,070 |
| Propana | 0,440 | 44,100 |
| n-Butana | 0,080 | 58,120 |
| n-Pentana | 0,080 | 72,150 |
| Karbon dioksida | 0,010 | 44,010 |
| Nitrogen | 0,120 | 28,010 |
| Sulfur content | 1E-07 | 34,080 |
| Total | 100 | 16,593 |

(Sumber: Gas Composition Transition Agency Report 2013, Agentschap NL/Indonesia-Tangguh Product Composition))

Nitrogen, helium, karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S), dan air dapat juga terkandung di dalam gas alam. Merkuri dapat juga terkandung dalam



jumlah kecil. Komposisi gas alam bervariasi sesuai dengan sumber ladang gasnya. Sifat fisik & kimia masing-masing komponen gas alam disajikan dalam tabel berikut ini :

- **Metana (CH₄)**

Tabel 1.2 Sifat Fisik dan Kimia Metana

| | |
|--|---|
| <i>Molar mass, g.mol⁻¹</i> | 16.04 |
| <i>Appearance</i> | Colorless gas |
| <i>Odor</i> | Odorless |
| <i>Specific Density</i> | 0.555 g/L (gas, 25 ^o C, 1 atm) |
| <i>Freezing Point, ^oC</i> | -182.2 |
| <i>Boiling Point, ^oC</i> | -161.49 |
| <i>Vapor Density, kg/m³</i> | 0.6784 |
| <i>Specific Volume</i> | 23.7 |

- **Air (H₂O)**

Tabel 1.3 Sifat Fisik dan Kimia Air

| | |
|--|-------------------------|
| <i>Molar mass, g.mol⁻¹</i> | 18.01528 |
| <i>Appearance</i> | <i>Almost Colorless</i> |
| <i>Odor</i> | <i>Odorless</i> |
| <i>Critical Temperature, ^oC</i> | 374.1 |
| <i>Melting Point, ^oC</i> | 0 |
| <i>Boiling Point, ^oC</i> | 100 |
| <i>Critical Pressure, atm</i> | 218.3 |
| <i>Relative Density</i> | 1 |
| <i>Vapor Pressure, mm Hg</i> | 17.535 |
| <i>Vapor Pressure at 50 ^oC, mm Hg</i> | 92.51 |
| <i>Specific Gravity g/ml</i> | 0.99823 |
| <i>Viscosity, Kinematic. cSt</i> | 1.004 |
| <i>Viscosity dynamic cP</i> | 1.002 |



I.3.2. Produk

A. Hidrogen

Tabel 1.4 Sifat Fisik dan Kimia Hidrogen

| | Normal Hidrogen |
|--|------------------------|
| <i>Density at 0°C, (mol/cm³) x 10³</i> | 0.04460 |
| <i>Compressibility factor, Z at 0°C</i> | 1.00042 |
| <i>Adiabatic compressibility, at 300 K, (MPa⁻¹)</i> | 7.03 |
| <i>Coefficient of volume expansion, at 300 K, (MPa⁻¹)</i> | 0.00333 |
| <i>C_p at 0°C, J/(mol.K)</i> | 28.59 |
| <i>C_v at 0°C, J/(mol.K)</i> | 20.30 |
| <i>Enthalpy at 0°C, (J/mol)</i> | 7749.2 |
| <i>Internal energy at 0°C, (J/mol)</i> | 5477.1 |
| <i>Entropy at 0°C, (J/mol)</i> | 139.59 |
| <i>Viscosity, at 0°C, (Cp)</i> | 0.00839 |
| <i>Thermal conductivity, at 0°C, (mW/(cm.K))</i> | 1.740 |
| <i>Isothermal compressibility, at 300 K, (MPa⁻¹)</i> | -9.86 |
| <i>Self-diffusion coefficient at 0°C, (cm²/s)</i> | 1.285 |
| <i>Gas diffusivity in water at 25°C, (cm²/s)</i> | 4.8x10 ⁻⁵ |
| <i>Heat of dissociation at 298.16 K, (kJ/mol)</i> | 435.881 |



I.4. Aspek Ekonomi

Selama tahun 2000-2011, konsumsi energi final meningkat rata-rata 3% per tahun. Konsumsi energi final terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi, penduduk, dan kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah. dalam Outlook Energi Indonesia 2013, pertumbuhan rata-rata kebutuhan energi diperkirakan sebesar 4,7% per tahun selama tahun 2011-2030. Pertumbuhan kebutuhan energi tersebut diperkirakan akan semakin tinggi karena pemerintah sedang melaksanakan program peningkatan nilai tambah mineral sesuai dengan amanat UU No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara. Kebijakan ini ditindaklanjuti pelaksanaannya melalui melalui regulasi dalam PP No. 23 Tahun 2010 tentang pelaksanaan usaha pertambangan mineral dan batubara dan Inpres No. 3 Tahun 2013 tentang percepatan peningkatan nilai tambah mineral melalui pengolahan dan pemurnian di dalam negeri. Kebijakan ini ditujukan untuk meningkatkan nilai tambah sektor pertambangan sehingga perannya dalam perekonomian nasional meningkat.

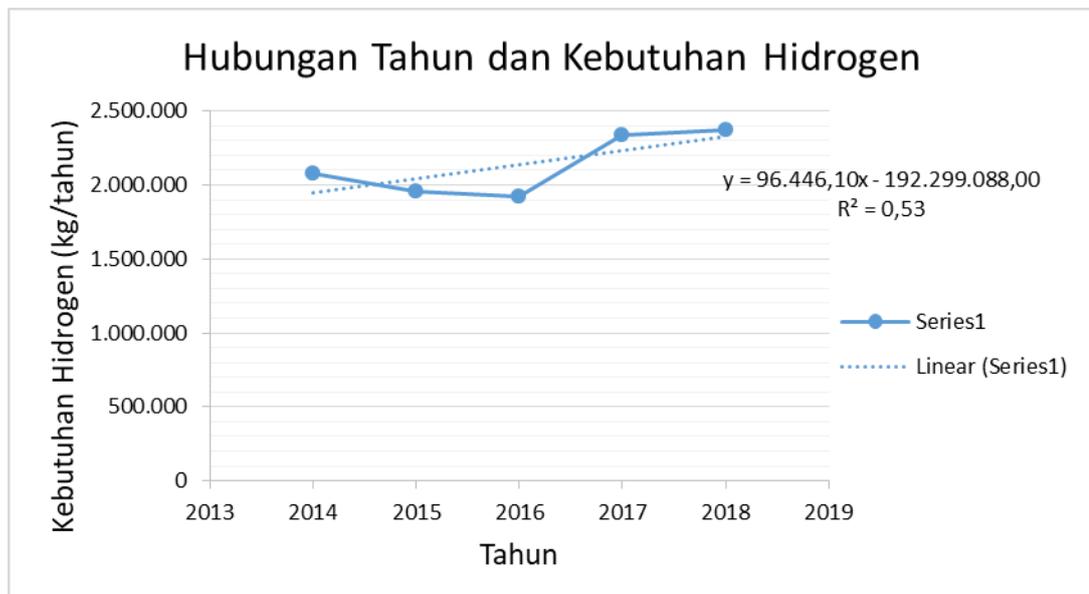
Di antara sekian banyak peningkatan kebutuhan energi di Indonesia, salah satu yang cukup menarik untuk ditinjau adalah kebutuhan hidrogen. Perkembangan sektor perindustrian di Indonesia berakibat pada semakin meningkat pula kebutuhan energi, dan salah satunya adalah hidrogen. Hidrogen merupakan salah satu gas yang memiliki banyak fungsi di dunia industri. Di antaranya adalah sebagai agen sintesis senyawa organik, katalis dalam proses *hydrocracking*, hidroalkelasi, dan hidrodeshidrogenasi dalam industri petrokimia, katalis proses hidrogenasi lemak dalam industri *food and beverages*, agen reduktor dalam industri material, dan masih banyak lagi. Namun pada kenyataannya, produksi hidrogen di Indonesia sekarang ini masih belum mampu menutupi kebutuhan pasar industri, sehingga mengakibatkan pemerintah harus melakukan impor hidrogen dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data dari kementerian Perindustrian Indonesia jumlah impor hidrogen semakin meningkat dalam kurun waktu delapan tahun terakhir ini.



Tabel 1.5 Data Impor Hidrogen Indonesia

| Tahun | Data Import Hidrogen (kg/tahun) |
|-------|---------------------------------|
| 2014 | 2.081.618 |
| 2015 | 1.960.542 |
| 2016 | 1.925.958 |
| 2017 | 2.338.021 |
| 2018 | 2.375.109 |

Sumber : <http://www.Bps.go.id>



Dari grafik diatas, didapatkan persamaan:

$$y = 96.446.10x - 192.299.088$$

Maka, kebutuhan untuk tahun 2020 adalah

$$y = 96.446.10 (2020) - 192.299.088$$

$$y = 2.522.033 \text{ kg/tahun}$$



Untuk memenuhi kebutuhan hidrogen di dalam negeri sampai saat ini Indonesia masih mengimpor, disebabkan karena perkembangan industri di Indonesia semakin meningkat sehingga kebutuhan akan hidrogen juga meningkat, dan pabrik penghasil hidrogen di Indonesia masih belum banyak, sehingga diperlukan suatu usaha agar permintaan hidrogen dapat dipenuhi dengan cara mendirikan pabrik hidrogen.

1.5. Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan proses pabrik yang meliputi keberhasilan dan kelancaran produksi pabrik. Tata letak peralatan dan fasilitas dalam suatu rancangan pabrik merupakan syarat penting untuk memperkirakan biaya secara akurat sebelum mendirikan pabrik yang meliputi desain sarana perpipaan, fasilitas bangunan, jenis dan jumlah peralatan dan kelistrikan. Hal ini secara khusus akan memberikan informasi yang dapat diandalkan terhadap biaya bangunan dan tempat sehingga dapat diperoleh perhitungan biaya yang terperinci sebelum pendirian pabrik. Lokasi pabrik akan berpengaruh secara langsung terhadap kelangsungan proses pabrik yang meliputi keberhasilan dan kelancaran produksi pabrik..

Pabrik Hidrogen dengan kapasitas 25000 ton/tahun ini direncanakan didirikan di Kawasan Industri Palembang Sumatra Selatan. Bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:

1. Faktor primer

a. Sumber bahan baku

Gas Alam dibeli dari PT. Conoco Philips Indonesia, Palembang. produksi Gas Alam yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut sangat besar setelah PT. Pertamina sekitar 12.5 % dari produksi total Gas Alam di Indonesia. Selain itu alternatif bahan baku Gas Alam juga dapat dibeli dari PT. Pertamina maupun PT. Petrochina yang berada disekitar kawasan Sumatra Selatan.

b. Daerah pemasaran

Di Palembang khususnya Sumatra Selatan dan sekitarnya terdapat perusahaan-perusahaan besar yang membutuhkan hidrogen selama prosesnya



contohnya Perusahaan pupuk, minyak goreng, petrokimia, kilang minyak, sehingga sangat prospek, selain itu terdapat pelabuhan Internasional yang berada di selat malaka yang merupakan pintu gerbang perdagangan kawasan Asia Tenggara.

c. Transportasi

Palembang memiliki akses jalan besar menuju pusat industri di sumatra selatan dan sekitarnya selain itu dekat dengan pelabuhan milik pemerintah yang mampu melayani aktivitas perdagangan dalam skala internasional akan memudahkan pengiriman ke beberapa wilayah indonesia maupun negara-negara di Asia.

2. Faktor sekunder

a. Persediaan air dan sumber pembangkit tenaga listrik

Utilitas terdiri dari air yang akan dipenuhi dengan mengolah air sungai Musi. Listrik untuk kebutuhan pabrik diperoleh dari generator Steam turbin, dimana steam diperoleh dari proses siklus steam superheated oleh oleh unit steam reformer. Disamping itu, disediakan juga cadangan dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Wilayah Palembang-Sumatra Selatan.

b. Tenaga kerja

Tenaga kerja yang berkualitas dibutuhkan dalam pabrik yang akan didirikan. Beberapa universitas terkemuka yang ada di Sumatra Selatan seperti menunjang tersedianya tenaga kerja dengan kualitas yang baik.

c. Kondisi masyarakat dan keamanan di sekitar lokasi

Sikap masyarakat diperkirakan akan mendukung pendirian pabrik pembuatan gas Hidrogen karena akan menjamin tersedianya lapangan kerja bagi mereka. Selain itu pendirian pabrik ini diperkirakan tidak akan mengganggu keselamatan dan keamanan masyarakat di sekitarnya.

d. Iklim dan kondisi tanah di daerah yang bersangkutan

Iklim yang baik (kelembaban udara, intensitas panas matahari, curah hujan, dan angin) serta kondisi tanah yang baik mempengaruhi kelancaran proses produksi sekaligus menjadi faktor pendorong bagi kelangsungan pabrik.