



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

---

## BAB I PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang

Kebutuhan hidrogen di Indonesia ke depan diproyeksikan akan terus meningkat, terutama untuk industri ammonia, metanol, kilang minyak, serta potensi penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar bersih (*clean fuel*). Pada tahun 2020, kebutuhan hidrogen di Indonesia mencapai 1 juta ton dari industri amonia sebesar 1.019.974 ton, dan 75.339 ton untuk industri metanol, 46.362 ton untuk kilang minyak, 5.795 ton untuk industri besi dan baja serta 11.591 ton untuk sektor kimia dan industri lainnya (Purwanto, 2024). Menurut data impor dari BPS (2025), permintaan hidrogen meningkat dari 3.369 ton pada tahun 2021 menjadi 8.754 ton pada tahun 2023 (BPS, 2025). Sedangkan, menurut data Kementerian Perindustrian (2025), pabrik hidrogen yang sudah berdiri di Indonesia untuk memenuhi pasokan hidrogen dalam negeri diantaranya seperti PT Samator, *Air Liquid* Indonesia, Sulfindo Adihusada, Chandra Asia Pasific. Data kebutuhan hidrogen dan impor serta data pabrik hidrogen di Indonesia tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan hidrogen di Indonesia masih akan terus bertambah.

Permintaan kebutuhan hidrogen yang terus bertambah dikarenakan hidrogen merupakan bahan utama dalam pembuatan ammonia, methanol, dan untuk industri kilang minyak. Proses produksi hidrogen menggunakan metode diantaranya proses elektrolisis, *steam methane reforming* (SMR), dan gasifikasi batubara (Voorde,2021). Proses pembuatan hidrogen dengan elektrolisis air memanfaatkan energi listrik untuk memecah molekul air menjadi hidrogen dan oksigen melalui reaksi elektrokimia di dalam elektrolizer, namun teknologi ini mempunyai kelemahan yaitu kebutuhan energi listrik yang tinggi serta biaya produksi hidrogen yang besar mencapai USD 12,85/kg hingga USD 13,35/kg menjadikannya sebagai metode dengan investasi paling mahal secara ekonomi (Suryadi,2021). *Steam Methane Reforming* (SMR) merupakan teknologi yang mereaksikan gas alam (metana) dengan uap air pada suhu 700–1.000 °C dengan katalis nikel untuk menghasilkan campuran hidrogen, karbon monoksida, dan karbon dioksida (Voorde,2021). Biaya untuk produksi hidrogen dari gas alam sebesar USD 4,52/kg



## PRA RANCANGAN PABRIK “Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

---

- USD 5,37/kg. Biaya produksi tersebut tidak didukung oleh keberlanjutan pasokan gas alam., karena cadangan gas alam Indonesia terus mengalami penurunan. Produksi gas alam Indonesia turun sebanyak 62% dari tahun 2016 ke 2023 menurut data Dirjen Migas ESDM. Harga gas alam global sangat fluktuatif, tahun 2021 harga gas alam USD 2,59/MMBtu mengalami kenaikan tahun 2022 menjadi USD 8,45/MMBtu, tahun 2023 harga gas alam menjadi USD 3,17/MMBtu sedangkan tahun 2025 harga gas alam sebesar USD 2,75/MMBtu (ESDM,2025).

Gasifikasi batubara merupakan salah satu metode produksi hidrogen yang mengonversi batubara menjadi gas sintetis (syngas), yakni campuran karbon monoksida (CO) dan hidrogen (H<sub>2</sub>). Proses ini berlangsung dalam reaktor gasifikasi pada suhu tinggi antara 1.200–1.500 °C, batubara direaksikan dengan oksigen dalam jumlah terbatas. Kandungan hidrogen dalam syngas kemudian diperkaya melalui reaksi water-gas shift, menghasilkan hidrogen dari konversi gas karbon monoksida (CO) dengan uap air (Voorde, 2021). Keunggulan utama dari proses ini ialah kemampuannya untuk menggunakan batubara dengan kualitas rendah sebagai bahan baku, sehingga batubara yang sebelumnya kurang bernilai ekonomis dapat dikonversi menjadi produk bernilai tinggi yaitu hidrogen. Hidrogen yang dihasilkan melalui gasifikasi batubara memiliki biaya produksi antara USD 3/kg hingga USD 5,62/kg, lebih murah dibandingkan elektrolisis dan lebih stabil daripada Steam Methane Reforming (Suryadi, 2021). Biaya ini dipengaruhi ketersediaan batubara dan harga yang relatif stabil, yaitu sebesar USD 0,057/kg pada tahun 2023 dan turun menjadi USD 0,043/kg pada tahun 2025 (ESDM, 2025), sehingga memberikan jaminan pasokan jangka panjang. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM, 2020), total cadangan batubara nasional mencapai 38,80 miliar ton dan dari jumlah tersebut, 13,38 miliar ton (34,4%) merupakan batubara kalori rendah, 21,88 miliar ton (56,4%) merupakan batubara kalori sedang, dan hanya 3,54 miliar ton (9,2%) merupakan batubara kalori tinggi. Jumlah dari total cadangan sekitar 90,8% yaitu sekitar 35,26 miliar ton, terdiri dari batubara kualitas rendah dan sedang. Kondisi tersebut membuka peluang pemanfaatan batubara sebagai sumber utama produksi hidrogen dengan biaya yang efisien dan pasokan bahan baku yang terjamin dalam jangka panjang.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

---

Berdasarkan uraian di atas, akan dilakukan pra-rancangan pabrik berjudul “Pra Rancangan Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi”. Pendirian pabrik ini bertujuan meningkatkan nilai tambah batubara domestik, mengurangi ketergantungan impor hidrogen, serta memenuhi tingginya permintaan dalam negeri, khususnya untuk industri amonia, sehingga diharapkan dapat menekan impor dan sekaligus mengoptimalkan pendapatan negara melalui ekspor.

#### **I.2. Manfaat Hidrogen**

Hidrogen dimanfaatkan dalam berbagai industri di Indonesia. Konsumsi hidrogen Indonesia sekitar 1,6 juta tahun 2023, dengan kebutuhan untuk produksi ammonia 80%, produksi methanol 8,5%, dan kilang minyak 10%, serta 1% industri tekstil dan *chemical* dari total konsumsi (IEA,2024).

##### 1. Industri Ammonia

Hidrogen berperan penting sebagai bahan baku utama dalam industri khususnya untuk produksi amonia yang digunakan sebagai bahan dasar pupuk urea, methanol, dan berbagai produk kimia lainnya. Di Indonesia, sektor pupuk merupakan konsumen hidrogen terbesar saat ini. Pada Tahun 2023 konsumsi hidrogen untuk industri Ammonia sebesar 931.604 ton (ESDM, 2024).

##### 2. Methanol

Metanol diproduksi melalui reaksi hidrogen (H<sub>2</sub>) dengan karbon monoksida (CO) atau karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Hidrogen berperan sebagai reduktor sekaligus sumber atom hidrogen yang menyusun molekul metanol (CH<sub>3</sub>OH), sehingga ketersediaannya sangat menentukan kapasitas produksi metanol. Metanol yang dihasilkan digunakan sebagai bahan baku penting dalam industri kimia, misalnya untuk pembuatan formaldehida, asam asetat, dan dimetil eter (DME). Selain itu, metanol juga mulai dikembangkan sebagai bahan bakar ramah lingkungan serta bagian dari strategi transisi energi rendah karbon. Pada tahun 2023, konsumsi hidrogen untuk industri metanol di Indonesia mencapai 98.883 ton (ESDM, 2024).

##### 3. Industri Baja



Hidrogen dimanfaatkan dalam industri baja sebagai reduktan ramah lingkungan yang menggantikan sebagian penggunaan batubara kokas. Pemanfaatan ini menjadi penting karena industri baja merupakan salah satu sektor dengan emisi karbon terbesar. Pada tahun 2023, konsumsi hidrogen di industri baja Indonesia tercatat sebesar 5.823 ton (ESDM, 2024).

#### 4. Refinery Oil

Pada Refinery Oil dalam proses hydrotreating, hidrogen digunakan untuk menghilangkan senyawa pengotor seperti sulfur, nitrogen, dan logam berat dari fraksi minyak mentah. Proses ini sangat penting karena produk akhir, seperti bensin dan diesel, harus memenuhi standar lingkungan yang ketat terkait kandungan sulfur agar ramah lingkungan dan tidak mencemari udara. Sementara itu, pada proses hydrocracking, hidrogen berperan dalam memecah molekul hidrokarbon berat menjadi fraksi yang lebih ringan dan bernilai tinggi, seperti bensin dan solar. Pada tahun 2023, konsumsi hidrogen untuk kebutuhan kilang minyak tercatat sebesar 5.823 ton (ESDM, 2024).

### I.3. Penentuan Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas perancangan suatu pabrik didasarkan pada data analisis *supply* (penyediaan) dan *demand* (permintaan) dari data ekspor, impor, produksi, dan konsumsi di Indonesia (Kusnarjo, 2010). Permintaan hidrogen diperkirakan akan terus meningkat karena jumlah kebutuhannya untuk industri terus bertambah (Putra, et al., 2025). Produksi hidrogen di Indonesia belum mampu mencukupi kebutuhan hidrogen dalam negeri sehingga menyebabkan Indonesia harus mengimpor pasokan hidrogen untuk kebutuhan dalam negeri. Data kebutuhan impor dapat diakses dari Badan Pusat Statistik (BPS). Pertumbuhan impor ( $i$ ) dapat dihitung melalui persamaan 1 (Sari, 2012).

$$i_n (\%) = \frac{\text{jumlah impor tahun ke } n \text{ (ton/tahun)} - \text{jumlah impor tahun sebelumnya (ton/tahun)}}{\text{jumlah impor tahun sebelumnya (ton/tahun)}} \times 100\% \quad (1)$$

Data produksi, konsumsi, ekspor dan impor Hidrogen di Indonesia dalam 5 tahun terakhir yang didapatkan dari data BPS dapat dilihat pada Tabel I.1 berikut:



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

**Tabel I. 1.** Tabel data produksi, konsumsi, ekspor, dan impor hidrogen (BPS,2025)

Tahun	Produksi (Ton)	Konsumsi (Ton)	Impor (Ton)	Ekspor (Ton)
2020	1.094.010	1.159.061	5.388	20
2021	1.121.271	1.145.707	3.369	36
2022	1.155.473	1.153.354	3.182	127
2023	1.179.707	1.164.505	8.754	290
2024	1.182.354	1.176.342	5.472	168
Jumlah	5.732.815	5.798.969	26.164	642
Rata – rata (i)	1.146.563	1.159.794	5.233	128

Data pertumbuhan produksi, konsumsi, ekspor, dan impor hidrogen di Indonesia disajikan pada tabel I.2 berikut ini:

**Tabel I. 2.** data pertumbuhan produksi, konsumsi, ekspor, dan impor hidrogen Indonesia

Tahun	Pertumbuhan Produksi	Pertumbuhan Konsumsi	Pertumbuhan Impor	Pertumbuhan Ekspor
2020	-	-	-	-
2021	2,49%	-1,15%	-37,03%	81,20%
2022	3,05%	0,67%	12,55%	249,94%
2023	2,10%	0,97%	1,281%	128,19%
2024	0,022%	1,02%	-0,41%	-41,90%
Jumlah	7,86%	1,50%	94,60%	417,43%
Rata – rata (i)	1,97%	0,37%	23,65%	104,36%

$$\text{Rata – rata pertumbuhan (\%)} = \frac{\text{Total pertumbuhan}}{\text{Jumlah pertumbuhan}}$$



PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

Perkiraan konsumsi hidrogen tahun 2030 dapat dihitung dengan menggunakan metode discounted. Persamaan untuk metode discounted (Sari,2012) ialah sebagai berikut :

$$m = P \times (1 + i)^n \dots\dots\dots (2)$$

- Keterangan
- m = jumlah (Konsumsi/produksi/impor/ekspor) pada tahun 2030
  - n = selisih tahun
  - P = Jumlah (Konsumsi/produksi/impor/ekspor) pada tahun terakhir
  - i = rata-rata kenaikan tiap tahun (%)

Diperkirakan konsumsi hidrogen dalam negeri pada tahun 2030 sebesar :

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

$$m_5 = P(1 + i)^{2030-2024}$$

$$= 1.149.420,7 \text{ ton/tahun}$$

Menurut Kusnarjo (2010), kapasitas pabrik yang direncanakan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \dots\dots\dots (3)$$

- Keterangan:
- m<sub>1</sub> = nilai impor (tahun)
  - m<sub>2</sub> = kapasitas pabrik lama (ton)
  - m<sub>3</sub> = kapasitas pabrik baru (ton)
  - m<sub>4</sub> = jumlah ekspor (ton)
  - m<sub>5</sub> = konsumsi dalam negeri (ton)

Konsumsi hidrogen dengan Metode discounted ialah sebagai berikut :

$$m_3 = (m_4 + m_5) - (m_1 + m_2) \dots\dots\dots (4)$$

$$m_3 = (12.271,63 + 1.203.034,34) - (19.556,42) + 1.328.858,51) \dots\dots (5)$$

$$m_3 = 133.108,96 \text{ ton/tahun}$$

Diperoleh hasil perhitungan kapasitas pabrik sebesar 133.108,96 ton/tahun.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

Tabel I.3 merupakan tabel perusahaan penghasil hidrogen di Indonesia dengan PT. Samator sebagai penghasil hidrogen terbesar di Indonesia.

**Tabel I. 3.** Perusahaan Produksi Hidrogen di Indonesia (Kemenperin, 2025)

<b>Nama Perusahaan</b>	<b>Kapasitas Produksi (Ton)</b>
PT. Samator	714
Linde Indonesia	321
Tira Austenite	37
Air Liquide Indonesia	129
Sulfindo Adihusada	580
Chandra Asri Pasific	500

Tabel I.3 menunjukkan bahwa kapasitas produksi hidrogen di Indonesia masih relatif kecil, yaitu berkisar antara 37 ton hingga 714 ton per tahun. Jika dibandingkan dengan kebutuhan hidrogen nasional yang jauh lebih besar, kapasitas tersebut belum mencukupi sehingga pasokan domestik masih harus dipenuhi melalui impor. Kondisi ini membuktikan perlu adanya peningkatan kapasitas produksi hidrogen dalam negeri agar ketergantungan pada impor dapat dikurangi.

Metode discontinued digunakan untuk memperkirakan penambahan akumulatif dalam proyek industri maka total kebutuhan nasional terhadap Hidrogen secara keseluruhan sebesar 1.149.420,07 Ton/tahun. Penentuan kapasitas pabrik berdasarkan analisis kebutuhan nasional terhadap hidrogen dengan mempertimbangkan data produksi, konsumsi, impor, dan ekspor serta data kapasitas pabrik yang ada di Indonesia, pabrik yang akan didirikan ialah 45% dari kapasitas yang dibutuhkan pada tahun 2030 dengan pendirian pabrik yang mempunyai kapasitas produksi sebesar 60.000 Ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari kerja/tahun dan waktu kerja pabrik 24 jam/hari. Pemilihan kapasitas ini sebesar 45% dari total kapasitas kebutuhan nasional dan kebutuhan impor.

#### **I.4. Penentuan Lokasi**

Penentuan lokasi pabrik merupakan faktor penting yang berpengaruh terhadap kelangsungan operasional pabrik, karena akan berdampak pada kelancaran proses produksi, distribusi produk, serta kompetisi di pasar. Pabrik ini direncanakan



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

---

akan dibangun di Satimpo, Kecamatan Bontang Selatan, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur. Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam memilih lokasi pabrik antara lain ketersediaan bahan baku, aksesibilitas transportasi, ketersediaan utilitas, lokasi pemasaran, ketersediaan tenaga kerja, serta kondisi geografis di sekitar lokasi.

Perencanaan pendirian pabrik hidrogen, evaluasi terhadap lokasi perlu dilakukan karena menyangkut efisiensi biaya dan kelayakan teknis. Lokasi yang menguntungkan akan memungkinkan perusahaan mendapatkan bahan baku dengan biaya minimal, serta mendistribusikan hasil produksi ke pasar dengan efektif. Berikut uraian sejumlah aspek utama yang dijadikan acuan dalam pemilihan lokasi pabrik.

#### **1. Faktor Utama**

##### **a. Ketersediaan Bahan Baku**

Sumber bahan baku adalah salah satu faktor penting dalam penentuan lokasi pabrik. Gasifikasi batubara adalah metode yang paling dominan digunakan dalam industri gas, dengan sekitar 51% kapasitas global berasal dari batubara, diikuti oleh minyak bumi (25%) dan gas alam (22%) (Indarto, Antonius, 2011).

Pada laporan tahunan kinerja direktoral jenderal batubara tahun 2024 menyatakan bahwa target produksi batubara sebesar 710 juta ton, dengan realisasi jumlah produksi batubara Indonesia sebesar 836,13 juta ton dengan kebutuhan batubara domestik sebesar 232,64 juta ton dan jumlah batubara yang diekspor sebesar 558 juta ton. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah produksi batubara di Indonesia sangatlah berlimpah, terbukti pada tabel I.4 bahwa produksi batubara Indonesia tiap tahunnya mengalami peningkatan meskipun pada tahun 2023 mengalami penurunan produksi domestik.



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

**Tabel I. 4.** Total Produksi Batubara dan Jumlah Produksi Batubara (ESDM,2025)

Produksi terhadap kebutuhan batubara	Tahun				
	2020	2021	2022	2023	2024
Realisasi Produksi (Juta Ton)	563,7	614	687,4	775,2	836,13
Realisasi DMO (Juta Ton)	131,89	133,04	215,81	212,87	232,64

Data Capaian Produksi Batubara per 31 Desember 2024 (ESDM, Februari 2025)

Sumber data Badan Geologi dalam Road Map Pengembangan dan Pemanfaatan Batubara 2021 – 2045 ESDM (2020) total cadangan batubara dapat dilihat pada tabel I.5 menjelaskan total cadangan batubara tiap pulau di Indonesia adalah sebagai berikut:

**Tabel I. 5.** Cadangan Batubara di Indonesia

No.	Pulau Penghasil Batubara	Total Cadangan (Juta Ton)
1.	Jawa	13,24
2.	Sumatera	39.025,424
3.	Kalimantan	52.885,481
4.	Sulawesi	40,814
5.	Maluku	8,217
6.	Papua	104,93

Tabel I. 5 menunjukkan total cadangan batubara Indonesia terbanyak di pulau Kalimantan dengan total cadangan batubara terbesar sebanyak 52.885,481 juta ton.



## PRA RANCANGAN PABRIK

### “Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

Bahan baku batubara diambil di PT. Kalimantan Prima Coal di Sangatta, Kalimantan Timur dengan kapasitas produksi sebesar 53,248 juta ton/tahun.

**Tabel I. 6.** Kandungan Batubara Indonesia tahun 2020 (ESDM, 2020)

Kalori Batubara	Nilai kalor (kJ/kg)	Total Sumber Daya (Juta Ton)	Total Sumber Daya (%)	Total Cadangan (Juta Ton)	Total Cadangan (%)
Kalori Rendah	5.100	47.703	33	13.388	35
Kalori sedang	5.100 – 6.100	76.245	53	21.887	56
Kalori tinggi	6.100 – 7.100	15.822	11	2.713	7
Kalori sangat tinggi	>7.100	3.962	3	818	2

Tabel I.7 menyajikan data klasifikasi batubara menurut ASTM.

**Tabel I. 7.** Data Standard Classification of Coals (ASTM D388)

Jenis Batu Bara	Fixed Carbon Limit	Nilai Kalor (Btu/lb)	Nilai Kalor (kkal/kg)
Antrasit Coal	92 sampai dengan <98%	>14.000	>7783
Bituminous Coal	69 sampai dengan <86%	10.000 – 14.000	5559 – 7783
Sub-bituminous Coal	35 – 45%	8.300 – 11.500	4614 – 6393
Lignit		6.300 – 8.300	3502 – 4614

Menurut *American Society for Testing Material* (ASTM) pada tahun 1994, batubara diklasifikasikan berdasarkan kandungan karbon dan nilai kalor yang dapat dilepaskan oleh batubara. Pemilihan batubara sebagai bahan baku produksi hidrogen ditentukan oleh kandungan karbon tetap (*fixed carbon*), nilai kalor, reaktivitas, serta emisi yang dihasilkan. Batubara sub-bituminus memiliki kandungan *fixed carbon* yang relatif rendah, sekitar 35–45%, lebih kecil dibanding



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

---

batubara peringkat lebih tinggi seperti bituminus atau anthrasit. Meskipun nilai kalor sub-bituminus lebih rendah, hal tersebut tidak secara signifikan memengaruhi jumlah hidrogen yang dapat diproduksi, karena gasifikasi lebih ditentukan oleh kandungan zat terbang (*volatile matter*) dan reaktivitasnya. Hasil penelitian Wang et al. (2019) menunjukkan bahwa gasifikasi sub-bituminus menghasilkan akumulasi hidrogen sebesar 78,45 mmol/g, lebih tinggi daripada lignit (75,54 mmol/g) dan jauh melebihi anthrasit (29,36 mmol/g). Selain itu, suhu awal gasifikasi sub-bituminus hanya 625 °C, lebih rendah daripada anthrasit (724 °C), sehingga konsumsi energi lebih hemat. Sub-bituminus juga memiliki kadar sulfur dan karbon yang lebih rendah sehingga menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> dan SO<sub>x</sub> yang lebih sedikit. Oleh karena itu, gas sintesis dari batubara sub-bituminus cenderung memiliki fraksi hidrogen yang lebih tinggi dan lebih bersih, sehingga jenis batubara ini lebih sesuai untuk produksi hidrogen skala industri.

Berdasarkan nilai kalor batubara pada tabel I.6 dan tabel I.7, Indonesia menjadi penghasil batubara dengan jenis sub-bituminous kalori rendah dan sedang paling banyak, yaitu sebesar 56% total cadangan batubara kalori sedang dan 35% cadangan batubara kalori rendah. Keputusan Kementrian Energi Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No 80.K/MB.01/MEM.B/2025 tentang harga batubara Indonesia disajikan pada tabel I.8. Acuan Harga Batubara.



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

**Tabel I. 8.** Acuan Harga Batubara KepMen ESDM 2025

No	Komoditas	Harga (USD/Ton)	Keterangan
1	Batubara (6.322 GAR)	128,24	HBA dalam kesetaraan nilai kalor 6.322 kcal/kg GAR Total Moist 12,26% Total Sulphur 0,66% Ash 7,94%
2	Batubara (5.300 GAR)	82,66	HBA dalam kesetaraan nilai kalor 5.300 kcal/kg GAR Total Moist 21,32% Total Sulphur 0,75% Ash 6,04%
3	Batubara (4.100 GAR)	50,70	HBA dalam kesetaraan nilai kalor 4.100 kcal/kg GAR Total Moist 35,73% Total Sulphur 0,23% Ash 3,90%
4	Batubara (3.400 GAR)	34,16	HBA dalam kesetaraan nilai kalor 3.400 kcal/kg GAR Total Moist 44,34% Total Sulphur 0,24% Ash 3,88%

Bahan baku utama ini adalah batubara GAR 4.100 – 4.200 yang diperoleh dari PT. Kaltim Prima Coal (KPC) yang merupakan perusahaan pertambangan batubara terbesar Indonesia yang berlokasi di Kalimantan Timur. Jumlah kapasitas produksi batubara sebesar 53.248.000 ton/tahun (Kemenperin,2025).



### **b. Lokasi Pasar**

Pemasaran merupakan salah satu aspek krusial dalam pengembangan industri hidrogen, karena ketersediaan pasar yang jelas akan sangat menentukan kelayakan ekonomi proyek. Wilayah Bontang, Kalimantan Timur, memiliki posisi strategis karena dikelilingi oleh berbagai industri kimia dan energi berskala besar yang berpotensi tinggi sebagai konsumen hidrogen. Produk hidrogen dapat secara langsung dipasarkan ke beberapa industri terdekat, seperti PT Pupuk Kaltim ( $\pm 17$  km) yang membutuhkan hidrogen sebagai bahan baku sintesis amonia, serta PT Kaltim Methanol Industri ( $\pm 17$  km) yang memanfaatkan hidrogen dalam proses produksi metanol. Selain itu, PT Badak NGL yang berjarak hanya  $\pm 3$  km dari lokasi pendirian pabrik juga berpotensi mengintegrasikan hidrogen dalam proses pemurnian gas alam atau pengembangan sistem energi rendah karbon. Di luar kota Bontang, pasar hidrogen dapat diperluas ke PT Pertamina RU V Balikpapan ( $\pm 430$  km), yang membutuhkan hidrogen dalam jumlah besar untuk proses hydrotreating dan desulfurisasi di kilang minyaknya. Kawasan Industri Maloy Batuta Trans Kalimantan (KIMBTK) di Kutai Timur, yang berjarak sekitar  $\pm 130$  km, juga menjadi target potensial, terutama untuk aplikasi hidrogenasi dalam industri oleokimia dan biodiesel. Selain itu, proyek pengembangan Ibu Kota Nusantara (IKN) di Penajam Paser Utara ( $\pm 380$  km) menghadirkan peluang jangka menengah hingga panjang sebagai kota berbasis energi bersih, di mana hidrogen dapat digunakan untuk transportasi ramah lingkungan dan pembangkit listrik berbasis fuel cell. Dengan keberadaan klaster industri besar dan arah pembangunan hijau di Kalimantan Timur, potensi pemasaran hidrogen dari pabrik di Satimpo sangat terbuka dan kompetitif.

### **c. Kondisi Iklim dan Geografis**

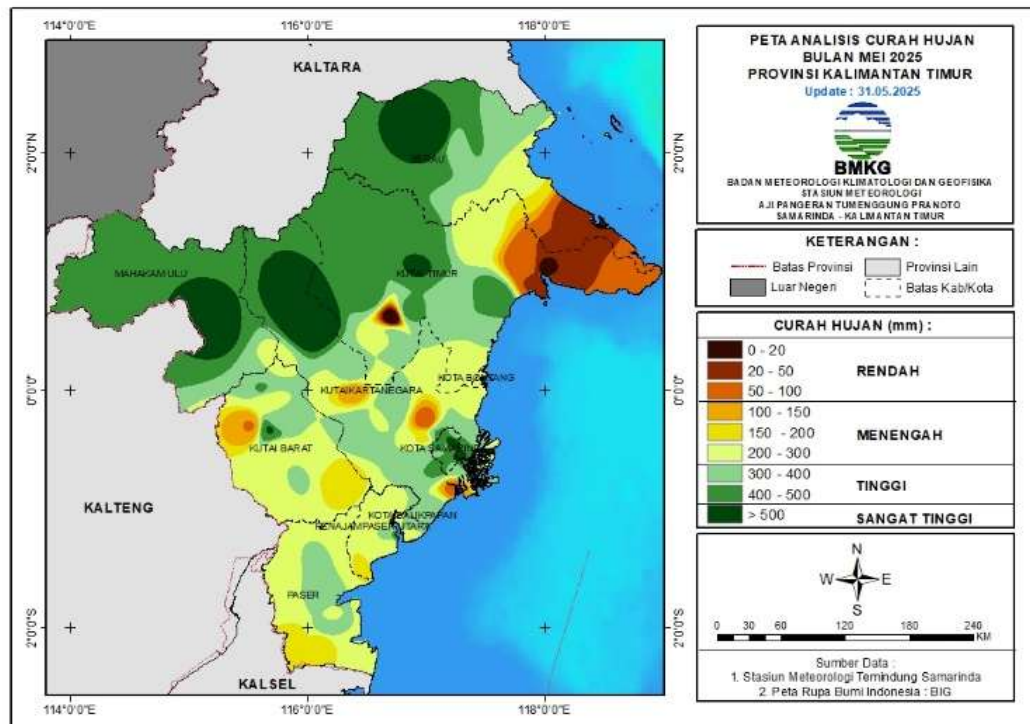
Satimpo termasuk dalam kategori daerah yang stabil. Berdasarkan data dari BPS Kota Bontang (2021), wilayah ini memiliki suhu udara rata-rata 27°C, kelembaban rata-rata 84,6%, dan kecepatan angin 215 m/det. Meskipun kecepatan angin cukup tinggi, kondisi ini dapat diatasi dengan desain struktural yang sesuai untuk memastikan keamanan dan kenyamanan operasional. Satimpo juga memiliki curah hujan dengan tingkat menengah, berkisar antara 200-300



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

mm/bulan (BMKG, 2025). Daerah ini tidak termasuk dalam kategori rawan bencana. Menurut data dari Geoportal Kota Bontang (2024), Satimpo merupakan daerah bebas banjir, dengan rendahnya kemungkinan terjadinya gempa bumi, longsor dan kebakaran. Peta analisis potensi bencana dan distribusi curah hujan di wilayah Satimpo, Kalimantan Timur diakses di laman resmi (Geoportal Kota Bontang, 2025) disajikan pada Gambar 1.2 hingga Gambar 1.6.

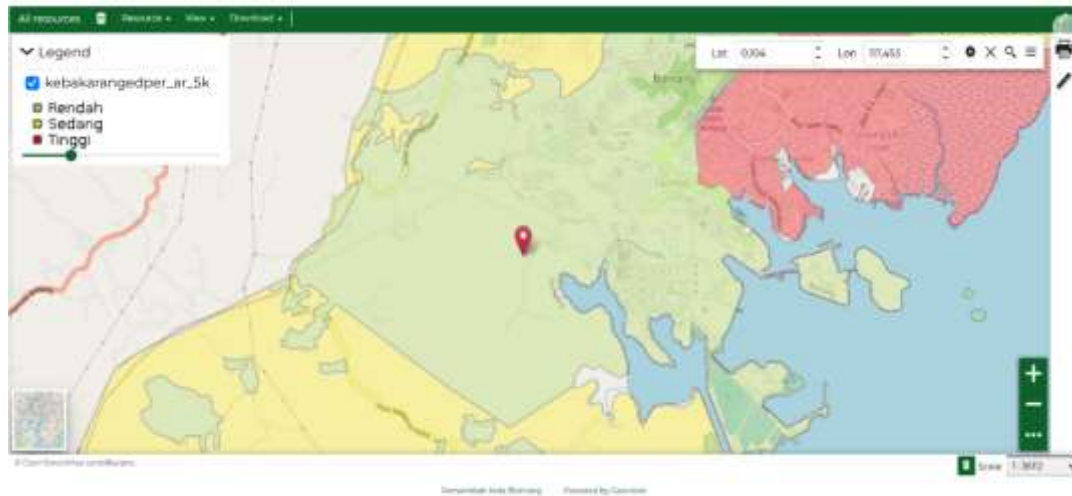


**Gambar I. 1.** Peta Analisis Curah Hujan Kalimantan Timur per Bulan Mei 2025

Gambar I.1 menunjukkan peta analisis curah hujan Kota Bontang, provinsi Kalimantan Timur dalam zona oranye hingga kuning dan hijau muda dimana curah hujan dalam rentang 100 hingga 300 mm yang menandakan curah hujan dalam batas menengah.

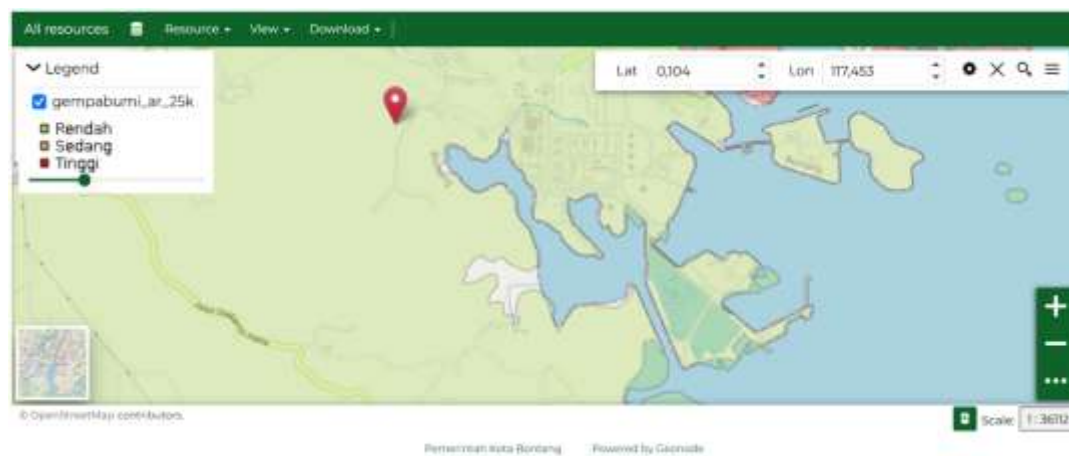


PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”



**Gambar I. 2.** Peta Analisis Daerah Potensi Kebakaran Kota Bontang

Gambar I.2 menunjukkan peta analisis potensi kebakaran wilayah Satimpo Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur dalam zona hijau yang menandakan wilayah dalam potensi rendah terjadinya kebakaran.



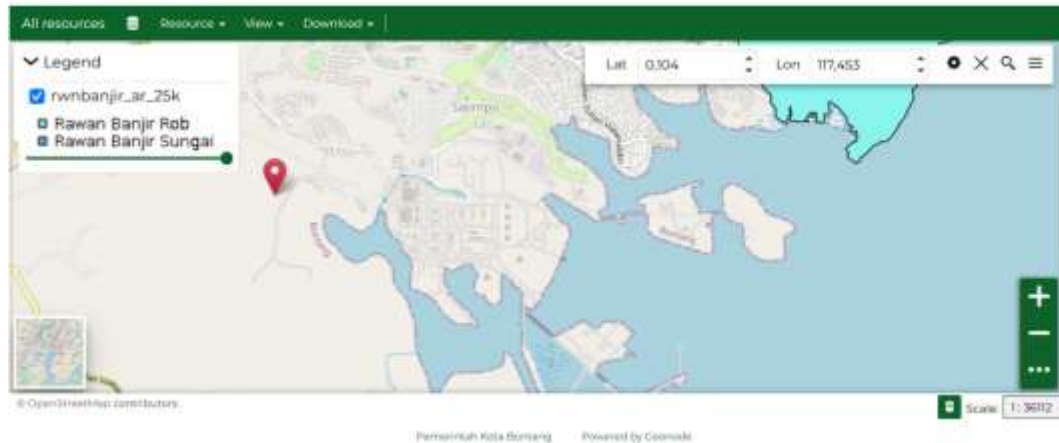
**Gambar I. 3.** Peta Analisis Daerah Potensi Gempa Bumi Kota Bontang

Gambar I.3 peta analisis potensi gempa bumi di wilayah Satimpo, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur pada peta lokasi pendirian pabrik menunjukkan zona hijau menandakan potensi terjadinya gempa bumi rendah.



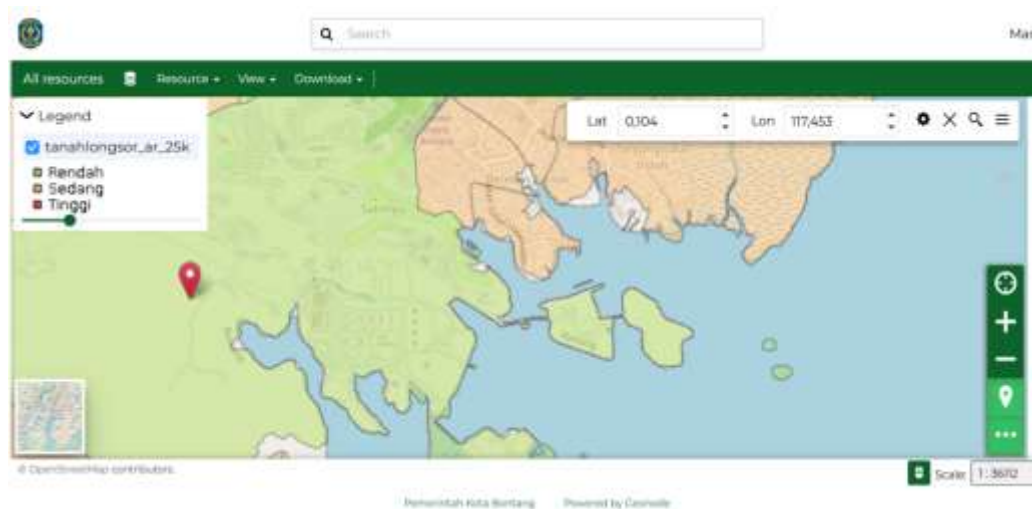
## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”



**Gambar I. 4.** Peta Analisis Daerah Rawan Banjir Kota Bontang

Gambar I.4 peta analisis daerah rawan banjir di wilayah Satimpo, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur pada peta lokasi pendirian pabrik menunjukkan zona abu - abu menandakan bukan termasuk daerah rawan banjir.



**Gambar I. 5.** Peta Analisis Daerah Rawan Tanah Longsor Kota Bontang

Gambar I.5 peta analisis daerah rawan tanah longsor di wilayah Satimpo, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur pada peta lokasi pendirian pabrik menunjukkan zona hijau menandakan potensi terjadinya tanah longsor rendah.



#### **d. Utilitas**

Utilitas merupakan faktor yang berpengaruh dalam keberlangsungan suatu pabrik. Akses langsung dengan air laut yang melalui daerah Satimpo, Bontang, Kalimantan Timur memudahkan dalam water supply untuk memenuhi kebutuhan operasional pabrik. Pemenuhan kebutuhan air yang dialirkan langsung dari air sungai yang berjarak 1,63 km dari lokasi pendirian pabrik sehingga diharapkan dengan aliran tersebut mampu memenuhi kebutuhan sistem utilitas pada pabrik syngas ini.

Ketersediaan listrik terhadap kelangsungan operasional sebuah industri merupakan salah satu faktor penting dalam pengoperasian alat serta penerangan, sehingga akan dibutuhkan tenaga listrik dan bahan bakar dalam jumlah besar untuk memaksimalkan operasional pabrik hidrogen ini. Kota Bontang memiliki pembangkit listrik tenaga mesin gas atau PLTMG dengan kapasitas 30.000 kWh yang dapat memberikan *supply* listrik secara kontinyu dalam mendukung produksi dan operasional industri.

## **2. Faktor Khusus**

### **a. Transportasi dan telekomunikasi**

Sarana transportasi merupakan penunjang produktivitas pabrik untuk menjamin ketersediaan bahan baku dan kelancaran pemasaran produk. Lokasi pendirian pabrik dapat dengan mudah dijangkau untuk pengiriman bahan baku berupa batubara. Selain itu, pendistribusian hidrogen sebagai produk utama juga dapat dilakukan dengan efisien, baik melalui transportasi darat untuk konsumen lokal maupun potensi pengembangan jaringan pipa dan terminal distribusi untuk wilayah industri sekitar. Akses transportasi wilayah bontang disajikan tabel I.9



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

**Tabel I. 9.** Akses Transportasi di Bontang, Kalimantan Timur

Akses Transportasi	Lokasi	Jarak dan Waktu Tempuh	Tujuan
Pelabuhan	Pelabuhan Tanjung Laut	6,7 km; 15 menit	Pengangkutan bahan baku
Jalan Tol	Simpang Tol Tenggarong Samarinda	111 km; 2 jam 42 menit	Pengangkutan Bahan baku
Bandara	Bandar Udara Aji Pangeran Tumenggung	99,5 km, 2 jam 33 menit	Karyawan, investor, atau client jarak jauh

Ketersediaan layanan komunikasi juga merupakan faktor yang penting untuk kemajuan suatu industry. Wilayah Kampar dapat dipastikan memiliki akses komunikasi yang sangat mudah. Layanan telekomunikasi seperti jaringan dan internet sangat mudah untuk diakses. Sarana telekomunikasi yang baik ini bermanfaat dalam perkembangan dan kelancaran setiap kegiatan yang dijalankan oleh pabrik

### **b. Tenaga Kerja**

Ketersediaan sumber tenaga kerja menjadi hal penting yang harus dipertimbangkan dalam merancang suatu pabrik. Lingkungan yang memiliki lebih banyak sumber tenaga kerja yang memadai tentunya akan lebih ideal untuk dijadikan target pembangunan suatu pabrik, karena akan lebih mudah memperkejakan masyarakat sekitar dibandingkan masyarakat dari daerah lain. Tingkat Pendidikan di wilayah Bontang dapat dilihat pada tabel I.10 berikut.



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

---

**Tabel I. 10.** Tingkat Pendidikan Terakhir Masyarakat Bontang

Tingkat Pendidikan	Laki - laki	Perempuan	Jumlah
SD	339	82	421
SMP/Sederajat	269	66	335
SLTA / Sederajat	3.720	1.614	5.334
Diploma I,II,III	228	230	458
Diploma IV/ S1 keatas	906	1.043	1.949
Total	5.462	3.035	8.497

(Sumber : BPS, 2025)

Berdasarkan data pada tabel di atas, mayoritas masyarakat Kalimantan Timur memiliki tingkat pendidikan terakhir SMA hingga S1 keatas, yang memenuhi kualifikasi untuk posisi tenaga kerja biasa hingga tenaga kerja ahli. Pada pabrik syngas ini, dibutuhkan tenaga kerja dengan latar belakang pendidikan sarjana, magister, dan doktor untuk posisi manajerial, kepala bagian, kepala seksi, tenaga medis, serta bagian sistem proses. Sedangkan untuk posisi kebersihan, keamanan, dan sopir, diperlukan tenaga kerja dengan pendidikan minimal SMA/ sederajat.

Berdasarkan faktor-faktor tersebut di atas, lokasi yang dipilih sebagai alternatif pendirian pabrik hidrogen dari batubara terletak di Satimpo, Kecamatan Bontang selatan, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur.

Lokasi rencana pendirian pabrik hidrogen ini dapat dilihat pada gambar I.6 berikut.



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen ( $H_2$ ) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”



**Gambar I. 6.** Peta Lokasi Pendirian Pabrik Syngas



## I.5. Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

### I.5.1 Bahan Baku

#### 1. Batubara (Sub-Bituminus)

Spesifikasi Batu bara dari PT. Kaltim Prima Coal

Rumus Molekul : C<sub>α</sub>H<sub>β</sub>O<sub>γ</sub>N<sub>δ</sub>S<sub>ε</sub>

Berat Molekul : 430 g/mol

Fase : padat

Warna : hitam

Bulk Densitas : 28 – 34 lb/ft<sup>3</sup>

Sizing : 50 mm

Proximate Analysis (% air dried basis)

Total Moisture : 23,5%

Ash : 3,59%

Volatile matter : 38,5%

Fixed Carbon : 41,0%

Ultimate Analysis (% dry ash free basis)

Carbon (C) : 75,6%

Hydrogen : 5,40%

Oxygen (O) : 17,3%

Nitrogen (N) : 1,51%

Sulphur (S) : 0,25%

Caloric Value (kcal/kg)

Gross air dried : 5735 kkal/kg

Gross as received : 5350 kkal/kg

Sulfur : 0,20 – 0,60%

Ash : 2,5 – 4,5 %

Harga : USD 43,70/ Ton



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen ( $H_2$ ) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

---

### 2. Air

Berdasarkan Perry (2008), sifat fisik dan kimia dari air adalah :

Rumus molekul	: $H_2O$
Berat molekul	: 18,016 g/mol
Fasa	: cair
Warna	: tidak berwarna
Density	: 0,998 $kg/m^3$ (pada suhu 20°C)
Specific Gravity	: 0,99823 g/ml
Critical Temperature	: 374,1 °C
Titik didih	: 100 °C (pada 1 atm)
Titik beku	: 0 °C (pada 1 atm)
Vapor Pressure	: 17,535 mmHg
Viscosity	: 1,002 cP

### I.5.2 Bahan Pendukung

#### 1. Kalsium Karbonat

Berdasarkan PT. Sanshuiwater Asia, sifat fisik dan kimia dari air adalah :

Rumus molekul	: $CaCO_3$
Berat molekul	: 100,09 g/mol
Fasa	: Padat
Specific gravity	: 2,71
Kelembaban	: <0,3%
Ukuran Partikel	: 200-900 mesh
Kadar minimum	: 97%
Titik leleh	: 1.339 °C
Harga	: Rp. 1350/kg

#### 2. Katalis Fe-Cr-CuO

Berdasarkan spesifikasi produk Johnson Matthey katalco (2020), berikut sifat fisik dan kimia dari katalis Fe-Cr

Bentuk	: Pelet silinder
Komponen katalis	: $Fe_2O_3 \geq 75.0\%$ (w/t)

---



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi Kapasitas 60.000/Tahun”

---

	$\text{Cr}_2\text{O}_3 \geq 7.0\%$ (w/t)
	$\text{CuO} \geq 1.0$ (w/t)
Size	: $\Phi 6 \times 6$ mm
Diameter	: 8,5 mm
Panjang	: 4,9 mm
Bulk density	: 0,9 – 1kg/L
Loaded Density	: 1.220 kg/m <sup>3</sup>
Tekanan operasi	: 0,5 – 6 Mpa
Suhu operasi	: 300 – 520 °C
Harga	: USD 120/kg

### 3. Nitrogen

Berdasarkan spesifikasi Nitrogen dari PT. Air Liquide Indonesia, berikut sifat – sifat nitrogen :

Bentuk	: Gas
Rumus molekul	: N <sub>2</sub>
Berat molekul	: 28,01 gr/mol
Liquid density	: 0,808 gr/ml a
Vapour density	: 1,168 gr/liter at 20°C
Boiling point	: -195,8 °C
Kelarutan	: 0,0149 cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup>
Kemurnian	: 99,999%
Tekanan	: 15.000 – 20.000 kPa
Harga	: USD 3/kg



PRA RANCANGAN PABRIK  
“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

---

## Produk

### I.4.3.1. Produk Utama

#### 1. Hidrogen

Berdasarkan Perry (2008) berikut spesifikasi gas hidrogen

Rumus molekul	: H <sub>2</sub>
Berat molekul	: 2,02 g/mol
Fasa	: gas
Warna	: tidak berwarna
Bau	: Tidak Berbau
Density	: 0,0899 g/L (pada suhu 0°C dan 1 atm)
Specific Gravity	: 0,99823 g/ml
Volume molar	: 22,41 L/mol STP
Titik Leleh	: -259,1 °C
Titik didih	: -252,7 °C (pada 1 atm)
Vapor Pressure	: 17,535 mmHg
Kelarutan	: 0,85 cm <sup>3</sup> H <sub>2</sub> (STP) per 1 mL air (suhu 80°C)
Panas Penguapan	: 216 cal/gr
Reaktifitas	: mudah bereaksi dengan oksigen (O <sub>2</sub> )
Viskositas	: 107,22 mP (Pada suhu 25°C)

#### 2. Karbon Dioksida

Berdasarkan Perry (2008) berikut spesifikasi gas hidrogen

Rumus molekul	: CO <sub>2</sub>
Berat molekul	: 44,01 g/mol
Fasa	: gas
Warna	: tidak berwarna
Bau	: Tidak Berbau
Densitas	: 26,828 mol/dm <sup>3</sup> (216,58 K)
Specific Gravity	: 1,101
Volume molar	: 22,41 L/mol STP
Titik Leleh	: -56,6 °C (5,2 atm)



## PRA RANCANGAN PABRIK

“Pabrik Hidrogen (H<sub>2</sub>) dari Batubara dengan Proses Gasifikasi  
Kapasitas 60.000/Tahun”

---

Titik didih	: -78,5 °C (pada 1 atm)
Vapor Pressure	: 760 mmHg (-78,2 °C)
Kelarutan	: 0,0973 g/100 g air (40°C)
Panas Penguapan	: $1,52 \times 10^{-7}$ (216,58 K)