

SKRIPSI
INTEGRASI PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI
AMPAS TEBU DENGAN KAPASITAS 4.400 TON/TAHUN



Oleh:

RIESHA MAYORI

2010017411036

Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana pada

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri

Universitas Bung Hatta

UNIVERSITAS BUNG HATTA

AGUSTUS 2024

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI

INTEGRASI PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI AMPAS TEBU
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 4.400 TON/TAHUN

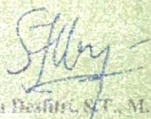
OLEH :

RIESDA MAYORI

2016017431036

Dibaca dan Disetujui Oleh :

Pesubimbing



Bedah Rahenilalla Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri

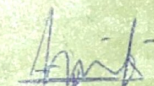
Dekan



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T

Jurusan Teknik Kimia

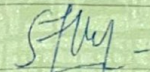
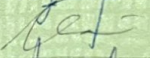
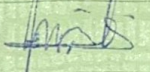
Ketua



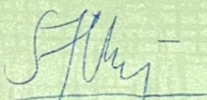
Dr. Firdaus, S.T., M.T

**LEMBAR PENGESAHAN REVISI LAPORAN SKRIPSI/PRA
RANCANGAN PABRIK**

Nama : Riesa Mayori
NPM : 2010017411036
Tanggal Sicang : 15 Agustus 2024

Jabatan	Nama	Tanda tangan
Ketua	Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D	
Anggota	Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T	
	Dr. Firdaus, S.T., M.T	

Pembimbing


Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI

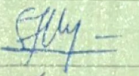
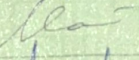
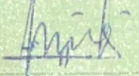
INTEGRASI PRA RANCANGAN PABRIK HIDROGEN DARI AMPAS TEBU
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 4.400 TON/TAHUN

Oleh :

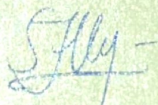
RIESHA MAYORI

2010017411036

Sidang Tugas Akhir Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Bung Hatta Dengan Team Penguji :

Jabatan	Nama	Tanda tangan
Ketua	Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D	
Anggota	Dr. Maria Ulfah, S.T., M.T	
	Dr. Firdaus, S.T., M.T	

Pembimbing



Erda Rahmilaila Desfitri, S.T., M.Eng., Ph.D

INTISARI

Hidrogen merupakan bahan bakar alternatif dan hasil pembakarannya hanya menghasilkan uap air. Untuk memenuhi kebutuhan hidrogen bagi negara Indonesia yang selama ini masih mengandalkan hidrogen impor, maka dirancang pabrik hidrogen dengan kapasitas produksi 4.400 ton/tahun dengan bahan baku Ampas Tebu. Pabrik direncanakan berdiri di Kecamatan Gunung Sugih Kabupaten Lampung Tengah, Lampung pada tahun 2028. Proses reaksi pembuatan hidrogen dilakukan pada reaktor gasifikasi dengan kondisi operasi 850°C dan tekanan 1 atm. Reaksi berlangsung secara endotermis. Setelah proses pembuatan kemudian dilakukan proses pemurnian hidrogen dengan CO, CO₂, CH₄, dan H₂O pada alat Pressure Swing Adsorption (PSA) dengan kondisi operasi 30°C dan tekanan 24,6 atm.

Kebutuhan bahan baku untuk memenuhi kapasitas produksi hidrogen yang dihasilkan adalah ampas tebu sebanyak 13.168 kg/jam. Kebutuhan utilitas berupa kebutuhan air sanitasi sebanyak 40.093 kg/jam, air pendingin sebanyak 10.830 kg/jam, dan air umpan boiler sebanyak 126578,55 kg/jam, dan listrik sebanyak 47.337 kWh.

Bentuk perusahaan yang dipilih adalah Perseroan Terbatas (PT) Sistem organisasinya yaitu line and staff. Sistem kerja karyawan berdasarkan pembagian kerja yang terdiri dari karyawan shift dan non shift yang berjumlah 102 orang. Pabrik Hidrogen ini d investasi biaya tetap sebesar Rp Rp 237.876.631.772. Keuntungan sebelum pajak sebesar Rp 292.704.709.491 per tahun dan setelah dipotong pajak sebesar Rp 256.116.620.804,- per tahun. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai *Rate Of Return* (ROR) 53,95%, *Pay Out Time* (POT) adalah 2 tahun 2 bulan. *Break Even Point* (BEP) adalah 25,13%. Berdasarkan perhitungan teknis dan evaluasi ekonomi yang telah dilakukan, maka pabrik Hidrogen dari ampas tebu dengan kapasitas produksi 4.400 ton/tahun layak untuk didirikan.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
INTISARI	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas	3
1.3 Lokasi Pabrik	6
BAB II TINJAUAN TEORI	15
2.1 Tinjauan umum	15
2.2 Tinjauan Proses	24
2.3 Sifat Fisik dan Kimia.....	30
BAB III TAHAPAN DAN DSKRIPSI PROSES	35
3.1 Tahapan Proses dan Blok Diagram.....	35
3.2 Deskripsi Proses dan Flow Sheet.....	37
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA ENERGI	42
4.1 Neraca massa	42
4.2 Neraca Energi.....	47
BAB V UTILITAS	50
5.1 Unit Penyediaan Listrik.....	50
5.2 Unit Pengadaan Air	50
5.3 Unit Penyedia Steam	60
5.4 Unit Pengolahan Limbah.....	62
BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	66
6.1 Spesifikasi Peralatan Utama	66
6.2 Spesifikasi Peralatan Utilitas.....	75

BAB VII TATA LETAK PABRIK DAN K3LH (KESEHATAN, KESELAMATAN KERJA DAN LINGKUNGAN HIDUP)	83
7.1 Tata Letak Pabrik	83
7.2 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Lingkungan Hidup	87
BAB VIII ORGANISASI PERUSAHAAN	103
8.1. Bentuk Perusahaan	103
8.2. Struktur Organisasi.....	104
8.3. Tugas dan Wewenang.....	105
8.4. Sistem Kepegawaian dan Sistem Gaji	112
8.5 Sistem kerja.....	112
8.6 Jumlah karyawan.....	114
8.7 Kesejahteraan Sosial Karyawan	115
BAB IX ANALISA EKONOMI	117
9.1 Total Capital Investment (TCI).....	117
9.2 Biaya Produksi (Total Production Cost)	118
9.3 Harga Jual (<i>Total Sales</i>)	119
9.4 Tinjauan Kelayakan Pabrik	119
BAB X TUGAS KHUSUS	121
10.1 Pendahuluan	121
10.2 Ruang Lingkup Rancangan	122
10.3 Rancangan.....	122
BAB XI KESIMPULAN DAN SARAN	139
11.1 Kesimpulan	139
11.2 Saran	140
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Daftar Pabrik Gula di Beberapa Daerah	3
Tabel 1.2 Data Impor Hidrogen di Indonesia	3
Tabel 1.3 Data Pabrik Hidrogen di Indonesia	4
Tabel 1.4 Data Impor Hidrogen	4
Tabel 1.5 Data Ekspor Hidrogen.....	5
Tabel 1.6 Data Konsumsi Hidrogen.....	5
Tabel 1.7 Analisa SWOT Pada Lokasi Pabrik di Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau	8
Tabel 1.8 Analisa SWOT Pada Lokasi Tandjoengbatoe, Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan	10
Tabel 1.9 Analisa SWOT Pada Lokasi Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung	12
Tabel 1.10 Analisis Lokasi Pabrik Hidrogen.....	13
Tabel 2.1 Komposisi Kimia Ampas Tebu.....	17
Tabel 2.2 Perbandingan Proses Gasifikasi Proses Pembuatan Hidrogen.....	28
Tabel 4.1 Neraca Massa Rotary Dryer (RD-1031).....	43
Tabel 4.2 Neraca Massa Reaktor Gasifikasi (RG-2011)	44
Tabel 4.3 Neraca Massa Cyclone (CY-2021).....	45
Tabel 4.4 Neraca Massa Pressure Swing Adsorption (PSA-3011)	46
Tabel 4.5 Neraca Energi Rotary Dryer (RD-1031)	47
Tabel 4.6 Neraca Energi Reaktor (RG-2011).....	48
Tabel 4.7 Neraca Energi Cooler (CL-2041).....	49
Tabel 5.1 Kualitas Air Sungai Wei Seputih.....	50
Tabel 5.2 Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi	50
Tabel 5.3 Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi	51
Tabel 5.4 Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Hygiene Sanitasi	51
Tabel 5.5 Persyaratan Air Proses	52
Tabel 5.6 Persyaratan Air Umpan Boiler	56
Tabel 5.7 Kehilangan Efisiensi Termal Akibat Lapisan Kerak Pada Boiler	58
Tabel 5.8 Resin yang Digunakan	59
Tabel 6.1 Spesifikasi Gudang Penyimpan Bahan Baku.....	66
Tabel 6.2 Spesifikasi Continuous Flow Conveyor.....	67
Tabel 6.3 Spesifikasi Shredder.....	67
Tabel 6.4 Spesifikasi Screw Conveyor	68
Tabel 6.5 Spesifikasi Screw Conveyor	69
Tabel 6.6 Spesifikasi Rotary Dryer.....	69

Tabel 6.7 Spesifikasi Reaktor Gasifier.....	70
Tabel 6.8 Spesifikasi Cyclone.....	70
Tabel 6.9 Spesifikasi Cooler (CL-2041)	71
Tabel 6.10 Spesifikasi PSA (PSA-3011).....	72
Tabel 6.11 Spesifikasi Expander.....	72
Tabel 6.12 Spesifikasi Compressor (CP-3031)	73
Tabel 6.13 Spesifikasi Compressor (CP-3032)	74
Tabel 6.14 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H ₂ (TP-3024)	74
Tabel 6.15 Spesifikasi Pompa Air Sungai.....	75
Tabel 6.16 Spesifikasi Bak Penampung Air Sungai.....	75
Tabel 6.17 Spesifikasi Tangki Pelarutan Alum	76
Tabel 6.18 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kapur Tohor	76
Tabel 6.19 Spesifikasi Tangki Pelarutan Kaporit	77
Tabel 6.20 Spesifikasi Unit Pengolahan Raw Water	78
Tabel 6.21 Spesifikasi Sand Filter	78
Tabel 6.22 Spesifikasi Bak Penampungan Air Bersih	79
Tabel 6.23 Spesifikasi Softener Tank.....	79
Tabel 6.24 Spesifikasi Tangki Air Demin	80
Tabel 6.25 Spesifikasi Cooling Tower	81
Tabel 6.26 Spesifikasi Deaerator	81
Tabel 6.27 Spesifikasi Boiler	82
Tabel 7.1 Keterangan Kode Alat.....	87
Tabel 7.2 Identifikasi Bahaya pada Alat Proses	90
Tabel 8.1 Waktu Kerja Karyawan Non Shift.....	113
Tabel 8.2 Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	113
Tabel 8.3 Karyawan Non Shift	114
Tabel 8.4 Karyawan Shift	114
Tabel 9.1 Biaya Komponen Total Capital Investment.....	118
Tabel 9.2 Biaya Komponen Manufacturing Cost.....	118
Tabel 9.3 Perhitungan Laba Kotor dan Laba Bersih	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau....	7
Gambar 1.2 Tandjoengbatoe, Tanjung Pinang I, Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan	9
Gambar 1.3 Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung...11	
Gambar 2.1 Ampas Tebu	17
Gambar 2.2 Struktur Lignin.....	19
Gambar 2.3 Unit Dasar Pembentuk Lignin; I (P-Koumaril Alkohol); II (Koniferil Alkohol); III (Sinapil Alkohol).....	20
Gambar 2.4 Struktur Hemiselulosa.....	21
Gambar 2.5 Unit dasar penyusun selulosa	22
Gambar 2.6 Tipe Gasifier Bberdasarkan Arah Aliran	25
Gambar 2.7 Blok Diagram Metode Gasifikasi Udara	29
Gambar 2.8 Blok Diagram Metode Gasifikasi Oksigen.....	29
Gambar 2.9 Blok Diagram Metode Gasifikasi Uap	30
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Pembuatan Hidrogen Dari Ampas Tebu.....	36
Gambar 5.1 Flowsheet Penyediaan Listrik.....	50
Gambar 5.2 Blok Diagram Proses Pengolahan Air	53
Gambar 5.3 Lapisan Kerak pada Pipa.....	58
Gambar 5.4 Pengolahan air proses dan air umpan boiler	58
Gambar 5.5 Flowsheet Pengolahan Air Pabrik	66
Gambar 7.1 Tata Letak Lingkungan Pabrik Hidrogen dari Ampas Tebu.....	85
Gambar 7.2 Tata Letak Peralatan.....	87
Gambar 7.3 Hierarki Pengendalian Risiko K3.....	98
Gambar 7.4 Safety Helmet	100
Gambar 7.5 Safety Belt	101
Gambar 7.6 Safety Boot	101
Gambar 7.7 Safety Shoes.....	101
Gambar 7.8 Safety Gloves.....	102
Gambar 7.9 Ear Plug / Ear Muff.....	102
Gambar 7.10 Safety Glasses	102

Gambar 7.11 Safety Glasses	103
Gambar 7.12 Face Shield.....	103
Gambar 7.13 Rain Coat	103
Gambar 7.14 Safety Vest	104
Gambar 8.1 Struktur Organisasi Perusahaan.....	106
Gambar 9.1 Grafik Break Even Point (BEP).....	120

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A NERACA MASSA.....	LA-1
LAMPIRAN B NERACA ENERGI.....	LB-1
LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT DAN UTILITAS.....	LC-1
LAMPIRAN D PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI	LD-1

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidrogen merupakan salah satu bahan yang memiliki banyak fungsi di dunia industri. Namun pada kenyataannya, produksi hidrogen di Indonesia sekarang ini masih belum mampu menutupi kebutuhan pasar industri, sehingga mengakibatkan pemerintah harus melakukan impor hidrogen dari beberapa negara untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik jumlah impor hidrogen semakin meningkat dengan persentase 74% dalam kurun waktu enam tahun terakhir ini (Badan Pusat Statistik, 2023).

Hidrogen dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yaitu biomassa, bahan bakar fosil dan air. Biomassa adalah suatu limbah benda padat yang bisa dimanfaatkan lagi sebagai sumber bahan bakar. Biomassa meliputi limbah kayu, limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah hutan, komponen organik dari industri dan rumah tangga. Salah satu biomassa yang dapat digunakan untuk produksi hidrogen yaitu limbah ampas tebu yang merupakan hasil produksi dari pabrik gula.

Limbah ampas tebu yang pada umumnya disebut (*baggase*) mengandung serat seperti selulosa yang potensial dimanfaatkan untuk pembuatan gas hidrogen. Ketersediaan ampas tebu di Indonesia cukup melimpah sejalan dengan banyaknya pabrik gula tebu, baik yang dikelola oleh negara maupun swasta. Sekitar 50% ampas tebu yang dihasilkan di setiap pabrik gula dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan sisanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah (Nyimas Laula *et al.*, 2017).

Limbah ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar, bahan pembuatan pulp kertas, pupuk organik dan pakan ternak. Limbah ampas tebu yang dimanfaatkan untuk memproduksi hidrogen, diharapkan dapat mengurangi impor hidrogen dari negara lain ke Indonesia, sehingga dapat meningkatkan dan menyeimbangkan perekonomian Indonesia, memperluas lapangan kerja serta meningkatkan produksi dalam negeri.

Hidrogen memiliki banyak kegunaan yang dapat dimanfaatkan dalam industri kimia diantaranya adalah dalam pembuatan ammonia, bahan bakar untuk berbagai macam kendaraan, serta proses pemurnian gas. Potensi dan prospek pasar hidrogen mencakup industri petrokimia (ammonia, methanol), industri baja (reduksi bijih besi menjadi besi kasar), industri pupuk, industri elektronik (panel surya), dan transportasi. Dalam skala laboratorium, gas ini juga digunakan sebagai gas *carrier* atau gas pembawa pada instrumen *gas-chromatography* dan bahan percobaan (*Enviromental Chemistry Letters*, 2022).

Produksi hidrogen dari biomassa secara garis besar dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu proses termokimia dan biologis. Untuk proses termokimia sendiri, terdapat empat metode yaitu pirolisis, likuifikasi, pembakaran, dan juga gasifikasi. Dari keempat proses tersebut, hanya gasifikasi yang dapat memproduksi syngas dengan kandungan H₂ tinggi. Sedangkan untuk proses biologis, terdapat lima metode yaitu *direct biophotolysis*, *indirect biophotolysis*, *biogological water-gas shift reaction*, *photo-fermentation*, dan *dark-fermentation*. Namun produksi H₂ dengan metode biologis masih dalam fasa penelitian dengan skala kecil, sehingga metode ini belum cocok untuk digunakan pada aplikasi skala pabrik (J Immanuel *et al.*, 2022).

Berdasarkan kebutuhan hidrogen yang cukup tinggi dan kegiatan impor yang besar maka dapat memberikan gambaran bahwa pengembangan industri pabrik hidrogen di Indonesia layak didirikan dengan dasar pertimbangan sebagai berikut :

1. Dapat memenuhi kebutuhan hidrogen dalam negeri.
2. Dengan bertambahnya permintaan hidrogen di pasaran dalam jangka panjang, diharapkan Indonesia dapat memenuhi kebutuhan hidrogen sendiri dan mengurangi angka impor yang cukup tinggi serta meningkatkan devisa negara.
3. Dalam segi sosial dan ekonomi, dengan didirikannya pabrik hidrogen dapat membuka lapangan pekerjaan baru sehingga mampu mengurangi angka pengangguran di Indonesia.
4. Dengan berdirinya pabrik hidrogen dari limbah ampas tebu di Indonesia, diharapkan dapat menanggulangi pembuangan limbah pabrik yang tidak optimal

sehingga dapat membantu pemerintah untuk mengurangi pencemaran lingkungan karena diolah menjadi sumber energi yang bersih.

1.2 Kapasitas

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Berikut daftar pabrik gula di sejumlah daerah dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Daftar Pabrik Gula di Beberapa Daerah

No	Nama Pabrik	Daerah	Kapasitas Produksi	Kapasitas Ampas Tebu yang Dihasilkan	Sumber
1	PT Sumber Mutiara Indah Perdana	Provinsi Riau, Dumai	6.000 TCD	2.100 Ton/hari	(https://companieshouse.id/sumber-mutiara-indah-perdana)
2	Pabrik Gula Cinta Manis	Provinsi Sumatera Selatan, Ogan Hilir	5.000 TCD	1.750 Ton/hari	(https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Daftar_pabrik_gula_di_Indonesia)
3	PT Gunung Madu Plantations	Provinsi Lampung, Lampung Tengah	18.000 TCD	6.300 Ton/hari	(https://www.gunungmadu.co.id/gmp-history/)

1.2.2 Kebutuhan Impor Hidrogen di Indonesia

Penentuan kapasitas produksi hidrogen didasarkan pada kebutuhan hidrogen untuk industri di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada. Data kebutuhan hidrogen dalam negeri mengacu pada data impor hidrogen di Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Data Impor Hidrogen di Indonesia

Tahun	Kapasitas Impor (Kg/Tahun)
2018	511,50
2019	100,78
2020	157,64
2021	566,36
2022	1.460,40
2023	1.140,58

Sumber : Badan Pusat Statistik, 2023

1.2.3 Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada

Kapasitas produksi pabrik hidrogen yang ada di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Data Pabrik Hidrogen di Indonesia

No	Nama Pabrik	Daerah	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)	Bahan Baku	Sumber
1	PT Samator Gresik	Gresik, Jawa Timur	9.362	Gas Alam	(https://samatorgas.com/id/)
2	PT Linde Indonesia	Bogor, Jawa Barat	551	Gas Alam	(https://www.linde.co.id/en/index.html)
3	PT Air Liquide	Cilegon, Banten	787	Gas Alam	(https://www.airliquide.com/group/Indonesia)
4	PT Aneka Mega Energi	Balongsendo, Jawa Timur	953	Air	(https://www.anekamega.com/id)

1.2.4 Kebutuhan Produk di Indonesia

a. Supply

➤ Impor

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), perkembangan jumlah kebutuhan impor hidrogen pada tahun 2019-2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.4 Data Impor Hidrogen

Tahun	Kapasitas (Ton)	% Pertumbuhan
2018	511,50	
2019	100,78	-80,30
2020	157,64	56,41
2021	566,36	259,28
2022	1.460,40	157,86
2023	1.140,58	-21,90
Rata-rata Pertumbuhan (i)		74,27

Sumber: Badan Pusat Statistik 2023

Dengan menggunakan persen pertumbuhan:

$$\% \text{ Pertumbuhan} = (\text{impor tahun ke } n - 1) + \frac{(\text{impor tahun ke } n-1) \times \% \text{ pertumbuhan}}{100}$$

(Sumber: Martha Nadia. 2022. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 4)

Didapatkan data estimasi impor tahun 2028 adalah sebesar 3.532 Ton/Tahun.

➤ **Produksi**

Data produksi hidrogen diambil dari pabrik hidrogen yang terintegrasi di Indonesia sehingga estimasi produksi hidrogen pada tahun 2028 sebesar 11.653 Ton/Tahun

Berdasarkan data impor dan data produksi hidrogen yang sudah didapatkan dengan menggunakan persamaan persen pertumbuhan, maka nilai *supply* pada tahun 2028 dapat dihitung:

- $Supply = Impor + Produksi$
 $= 3.532 + 11.653$
 $= 15.185 \text{ Ton/Tahun}$

b. Demand

➤ **Ekspor**

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), perkembangan jumlah kebutuhan impor hidrogen pada tahun 2019-2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.5 Data Ekspor Hidrogen

Tahun	Kapasitas (Ton)	% Pertumbuhan
2018	7,04	
2019	0,32	-95,41
2020	2,54	686,84
2021	35,98	1.314,24
2022	150,62	318,64
2023	63,31	-57,97
Rata-rata Pertumbuhan (i)		433,27

Sumber: Badan Pusat Statistik 2023

Dengan menggunakan persen pertumbuhan:

$$\% \text{ Pertumbuhan} = (\text{tahun ke } n - 1) + \frac{(\text{ekspor tahun ke } n-1) \times \% \text{ pertumbuhan}}{100}$$

(Sumber: Martha Nadia. 2022. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 4)

Didapatkan data estimasi ekspor tahun 2028 adalah sebesar 10.809 Ton/Tahun

➤ **Konsumsi**

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), perkembangan jumlah kebutuhan impor hidrogen pada tahun 2019-2023 adalah sebagai berikut:

Tabel 1.6 Data Konsumsi Hidrogen

Tahun	Kapasitas (Ton)	% Pertumbuhan
2018	511,50	

2019	100,78	-80,30
2020	157,64	56,41
2021	566,36	259,28
2022	1.460,40	157,86
2023	1.140,58	-21,90
Rata-rata Pertumbuhan (i)		74,27

Sumber: Badan Pusat Statistik 2023

Dengan menggunakan persen pertumbuhan:

$$\% \text{ Pertumbuhan} = (\text{konsumsi tahun ke } n - 1) + \frac{(\text{konsumsi tahun ke } n-1) \times \% \text{ pertumbuhan}}{100}$$

(Sumber: Martha Nadia. 2022. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. 4)

Didapatkan data estimasi konsumsi tahun 2028 adalah sebesar 48.837 Ton/Tahun

Berdasarkan data impor dan data produksi hidrogen yang sudah didapatkan dengan menggunakan persamaan persen pertumbuhan, maka nilai *supply* pada tahun 2028 dapat dihitung:

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Demand} &= \text{Ekspor} + \text{Konsumsi} \\ &= 10.809 + 48.837 \\ &= 59.647 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Dari estimasi impor, ekspor, produksi, konsumsi pada tahun 2028 maka dihitung peluang pasar hidrogen dengan persamaan berikut:

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Peluang} &= \text{Demand} - \text{Supply} \\ \text{Peluang} &= 59.647 - 15.185 \\ \text{Peluang} &= 44.461 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketersediaan bahan baku maka diambil 10% dari peluang, sehingga:

- $$\begin{aligned} \bullet \text{ Kapasitas Produksi} &= 10\% \times \text{Peluang} \\ \text{Kapasitas Produksi} &= 10\% \times 44.461 \\ \text{Kapasitas Produksi} &= 4.446 \text{ Ton/Tahun} \\ \text{Kapasitas Produksi} &= 4.400 \text{ Ton/Tahun} \end{aligned}$$

Dari data hasil perhitungan penentuan rancangan pabrik hidrogen dari limbah ampas tebu maka kapasitas produksi pabrik adalah 4.400 Ton/Tahun.

1.3 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik akan mempengaruhi produksi dan biaya operasional pabrik sehingga penting untuk dipertimbangkan. Beberapa opsi pemilihan lokasi

pabrik produksi hidrogen direncanakan di pulau Sumatera yaitu provinsi Riau, Provinsi Sumatera Selatan, dan provinsi Lampung. Pemilihan lokasi biasanya dilakukan dengan metoda Analisa SWOT (*Strength, Weakness,, Opportunities, dan Threat*).

1.3.1 Alternatif Lokasi 1 (Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau)



Gambar 1.1 Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau

Analisa SWOT pada lokasi Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau dapat dilihat Pada

Tabel 1.7

Tabel 1.7 Analisa SWOT Pada Lokasi Pabrik di Tanjung Leban, Kecamatan Bukit Batu, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
Bahan Baku	Sumber bahan baku dekat dari PT Sumber Mutiara Indah Perdana	Perlu biaya transportasi penyediaan bahan baku.	Bahan baku belum dimanfaatkan secara optimal oleh pabrik pemasok	Adanya ancaman pada pabrik dengan membatasi bahan baku oleh pabrik pemasok
Pemasaran	Menjadi produsen tunggal di dalam negeri dengan kapasitas pabrik yang cukup	Jauh dari pabrik Industri yang membutuhkan	Daya saing produksi rendah Jalur laut melalui pelabuhan dumai express	Standar mutu produk yang dihasilkan akan bersaing dengan produk impor
Utilitas	<ul style="list-style-type: none"> • Dekat dengan PLN Dumai • Dekat dengan Sungai Dumai 	Debit air yang fluktuatif	Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai Dumai Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN Dumai	Potensi tercemarnya air sekitar dan berkurangnya arus listrik ke pemukiman penduduk
Tenaga Kerja	Dapat di rekrut dari masyarakat sekitar dan lulusan dari perguruan tinggi yang ada di wilayah tersebut	Keterbatasan dalam membayar upah yang tinggi	Adanya tenaga kerja yang terampil dan terdidik	Tingginya UMR yang membuat karyawan berpindah pada pabrik yang lebih
Kondisi Daerah	Cuaca dan iklim relatif stabil	Dekatnya dengan lokasi Pantai	Merupakan kawasan industri	Angin kencang yang dikirim dari laut

1.3.2 Alternatif Lokasi 2 (Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan)



Gambar 1.2 Tandjoengbatoe, Tanjung Pinang I, Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan

Analisa SWOT pada lokasi Tandjoengbatoe, Tanjung Pinang I, Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1.8 Analisa SWOT Pada Lokasi Tandjoengbatoe, Kabupaten Ogan Hilir, Provinsi Sumatera Selatan

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
Bahan Baku	Lokasi dekat dengan bahan baku ampas tebu yang diperoleh dari Pabrik Gula Cinta Manis	Perlu biaya transportasi untuk pengadaan bahan baku	Bahan baku belum dimanfaatkan secara optimal oleh pabrik pemasok	Adanya ancaman pada pabrik dengan membatasi bahan baku oleh pabrik pemasok
Pemasaran	Menjadi produsen tunggal di dalam negeri dengan kapasitas pabrik yang cukup	Jauh dari pabrik Industri yang membutuhkan	Dipasarkan dalam dan luar negeri	Standar mutu produk yang dihasilkan akan bersaing dengan produk impor
Utilitas	Dekat dengan sungai Lempuing Jaya Dekat dengan PLN rayon Indralaya	Debit air sungai yang fluktuatif	Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai Lempuing jaya Kebutuhan listrik dapat diperoleh dari PLN rayon Indralaya	Dapat mencemari air Sungai lingkungan sekitar
Tenaga Kerja	Dapat diperoleh dari masyarakat dan yang diutamakan yang mempunyai pengalaman kerja	Keterbatasan dalam membayar upah yang tinggi	Adanya tenaga kerja yang terampil dan terdidik	Tingginya UMR yang membuat karyawan berpindah pada pabrik lain
Kondisi Daerah	Cuaca dan iklim relatif stabil	Terjadinya kekeringan saat musim kemarau	Merupakan daerah pengembangan industri	Kemungkinan terjadi kebakaran lahan

1.3.3 Alternatif Lokasi 3 (Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung)



Gambar 1.3 Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung

Analisa SWOT pada lokasi Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung dapat dilihat pada **Tabel 1.9**

Tabel 1.9 Analisa SWOT Pada Lokasi Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung

Variabel	Internal		Eksternal	
	<i>Strength</i>	<i>Weakness</i>	<i>Opportunities</i>	<i>Threats</i>
Bahan Baku	Sumber bahan baku dekat dari pabrik	Perlu biaya transportasi penyediaan bahan baku.	Adanya bahan baku yang belum dimanfaatkan oleh pabrik pemasok	Adanya ancaman pada pabrik dengan membatasi bahan baku oleh pabrik pemasok
Pemasaran	Menjadi produsen dalam negeri dengan kapasitas pabrik yang cukup	Diperlukan sosialisasi mengenai produk kepada masyarakat sekitar	Daya saing produksi rendah Jalur laut melalui pelabuhan belawan	Standar mutu produk yang dihasilkan akan bersaing dengan produk impor
Utilitas	Dekat dengan sungai way seputih Dekat dengan PLN cabang Metro	Debit air sungai yang fluktuatif	Kebutuhan air dapat diperoleh dari sungai way seputih Kebutuhan listrik dipenuhi sendiri dari hidrogen yang dihasilkandikonversi menjadi energi listrik	Potensi tercemarnya air sungai sekitar
Tenaga Kerja	Dapat di rekrut dari lulusan perguruan tinggi dan memiliki wawasan yang luas mengenai pabrik	Keterbatasan dalam membayar upah yang tinggi	Adanya tenaga kerja yang terampil dan terdidik	Tingginya UMR yang membuat karyawan berpindah pada pabrik yang lebih
Kondisi Daerah	Cuaca dan iklim relatif stabil	Lokasi tersebut rawan bencana banjir	Merupakan daerah pengembangan industri	Terjadinya perebutan lahan dengan industry lain dan cuaca yang ekstrim di wilayah tersebut

1.3.4 Pemilihan Lokasi Pabrik Hidrogen

Berdasarkan Analisa SWOT terhadap bahan baku, pemasaran, tenaga kerja, utilitas dan kondisi daerah. Maka untuk pemilihan lokasi pabrik, digunakan skala seperti yang disajikan pada **Tabel 1.10**

Tabel 1.10 Analisis Lokasi Pabrik Hidrogen

Variabel \ Lokasi	Riau	Sumatera Selatan	Lampung
Bahan Baku	4	4	5
Pemasaran	4	4	4
Tenaga Kerja	5	5	5
Utilitas	3	3	4
Kondisi Daerah	4	4	4
TOTAL	20	20	22

Pada tabel diatas penilaian dilakukan dengan cakupan range 1-5, dimana :

- 1 = Sangat Tidak Baik
- 2 = Tidak Baik
- 3 = Cukup
- 4 = Baik
- 5 = Sangat Baik

Setelah dilakukan pengamatan, Lampung sangat memenuhi kriteria untuk dibangun pabrik Hidrogen. Hal ini dapat dilihat dari variabel yang memenuhi itu adalah:

1. Bahan Baku, dimana mudah didapatkan karena dekat dengan lokasi pengadaan bahan baku.
2. Pemasaran, dapat disalurkan di dalam dan luar negeri maupun di distribusikan ke beberapa pabrik yang memerlukan hidrogen sebagai sumber bahan baku. Sarana transportasi untuk pendistribusian produk didalam negeri dapat melalui jalan lintas Sumatera. Sedangkan untuk pemasaran ke luar negreri dapat melalui jalur laut yaitu pelabuhan gaya.
3. Tenaga Kerja, Kebutuhan tenaga kerja, terutama untuk tenaga harian dapat dipenuhi dengan relatif mudah karena merupakan daerah kawasan industri. Kehadiran universitas negeri dan swasta, akademi-akademi serta sekolah-

sekolah kejuruan di Lampung dan sekitarnya akan menunjang ketersediaan tenaga kerja ahli dan terdidik untuk ditempatkan secara proporsional.

4. Utilitas, Selain dekat dengan bahan baku, di Lampung telah tersedia sistem utilitas dengan baik. Fasilitas utilitas pabrik Hidrogen dapat dipasok dari Sungai Way Seputih, sedangkan untuk kebutuhan listrik dipenuhi sendiri dari hidrogen yang dihasilkan dikonversi menjadi energi listrik.
5. Kondisi Daerah, jika ditinjau dari segi cuaca dan iklim, lokasi ini memiliki iklim yang baik untuk industri kimia yaitu 26 – 32°C