

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sudah sejak lama pengamat energi memperkirakan sektor minyak bumi Indonesia akan mengalami stagnasi dalam memproduksi minyak mentah sebagai akibat meningkatnya kebutuhan energi dalam negeri. Itulah sebabnya masih dalam kaitan ini, diversifikasi merupakan tujuan dari kebijakan energi Indonesia dalam jangka panjang. Salah satu upaya diversifikasi tersebut adalah meningkatkan produksi dan pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan untuk dimanfaatkan di dalam negeri maupun untuk ekspor.

Dilihat dari prospek pasar, baik dari sisi permintaan maupun sisi pasok, maka masa depan industri energi alternatif, khususnya disini adalah *biogas* yang disebut dengan *Liquefied Methane Gas (LMG)*, yaitu *biogas* dari proses fermentasi limbah cair tapioka akan sangat cerah, bahkan di masa yang akan datang akan lebih cerah dari prospek industri minyak bumi itu sendiri. Karena disamping cadangan minyak yang semakin berkurang, pemanfaatan limbah cair tapioka yang merupakan bahan baku pembuatan *biogas* yang tersedia cukup melimpah masih belum optimal, hingga saat ini sebagian besar limbah cair tapioka hanya dibuang tanpa bisa dimanfaatkan. Limbah cair tapioka ini memiliki kandungan senyawa organik yang cukup tinggi diantaranya adalah karbohidrat, protein, dan lemak. Kandungan inilah yang memiliki andil besar terhadap terciptanya *biogas*.

Masalah yang terbesar jika pada penanganan limbah cair tapioka kurang diperhatikan akan berdampak pada lingkungan sekeliling kawasan itu. Pencemaran udara akan menimbulkan masalah, apalagi pada waktu musim hujan dan musim kemarau tiba, maka bau tak sedap menyebar disekitar kawasan pengolahan tapioka yang terdapat pemukiman penduduk. Oleh karena itu perlu upaya penanggulangan dan pemanfaatan kembali limbah cair agar memiliki nilai ekonomis dan manfaat yang tinggi. Dari sisi permintaan, domestik maupun internasional, pemakaian gas akan terus meningkat karena tuntutan dunia akan efisiensi dan kondisi lingkungan hidup yang lebih bersih dan sehat.

LMG merupakan energi alternatif yang dapat diperbaharui dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan *biogas* terbukti memiliki kadar COD dan BOD yang rendah, sehingga bisa langsung dibuang ke lingkungan.

Pada tahun 1996 sampai 2001 Indonesia menghasilkan rata-rata 15 sampai 16 juta ton tapioka dari industri tapioka yang berlokasi di Sumatra, Jawa, dan Sulawesi. Jumlah produksi tapioka yang terserap pasar dalam negeri sebanyak 13 juta ton dan permintaan dalam negeri mengalami peningkatan 10% per tahun. Saat ini, produksi tapioka Indonesia belum dapat memenuhi pasar dengan maksimal karena setiap tahun meningkat 10% atau 1,3 juta ton pertahun. Sementara 70% produksi dihasilkan dari Pulau Sumatra, sedangkan 30% merupakan produksi Pulau Jawa dan Sulawesi (foodmarketexchange.com). Hal tersebut mengindikasikan masih luasnya potensi usaha dan permintaan tapioka di Indonesia.

Di Provinsi Lampung, pabrik tapioka dapat mengolah sekitar 4000-5000 ton perhari. Berikut ini merupakan tabel produksi tapioka yang ada di Provinsi Lampung, khususnya Lampung Timur per tahunnya.

Tabel 1.1 Perusahaan, Kapasitas Produksi, dan Sumber Dana

Kecamatan	Nama Perusahaan	Kapasitas(ton)	Sumber Dana
Batanghari	PT Wira Kencana Adi Perdana	6,500.00	Swasta
	PT Eka Inti Tapioka	6,000.00	Swasta
	PT Sumber Agung	1,600.00	Swasta
	Hendra Sumardi	1,350.00	Swasta
	Sumber Maju	547.20	Swasta
	Anugrah Jaya	547.20	Swasta
	Sejahtera Mandiri	820.80	Swasta
	Tohalo	410.40	Swasta
	Kopastara	n.a	n.a
Pekalongan	Ngudi Makmur	820.00	Swasta
	Wahyu Utama	382.04	Swasta
	Surya Perdana	383.04	Swasta
	Warga Sehati I	339.00	Swasta
	Warga Sukabumi	n.a	Swasta
	Warga Sehati II	665.00	Swasta
	Sinar Metro	1,440.00	Swasta
	Wonosari	630.00	Swasta
	Mini Surya Pudana	1,200.00	Pembangunan
Sukadana	Muara jaya	n.a	Swasta
	Sido Rukun	638.40	Swasta
	Rukun Santosa	912.00	Swasta
	Sido Rukun	1,200.00	Pembangunan
Bumi Agung	Harapan Sejahtera	684.00	Swasta
Labuhan Ratu	Surya Perdana	450.00	Swasta
	Lestari Jaya	n.a	Pembangunan
Way Jepara Sekampung Udik	PT Bumi Acid	12,500.00	Swasta
	PT Umas Jaya	15,084.00	Swasta
Raman Utara	Sentral Intan	n.a	Swasta
	Way Raman	n.a	Swasta
	Waliyem	912.00	Swasta
Way Bungur	Subur Jaya	912.00	Swasta
Jumlah	31 perusahaan	56,927.08	

Sumber: Dinas Pertanian Lampung Timur (2003).

Dengan data yang diperoleh dari pabrik tapioka PT. Budi Acid Jaya bahwa 1 ton produksi tepung tapioka dapat menghasilkan kira-kira 35,5556 m³ limbah cair, maka dapat diperkirakan jumlah limbah cair tapioka yang bisa diproduksi untuk wilayah Indonesia adalah 16.000.000 ton tapioka x 35,5556 m³ limbah cair = 568.889.600 m³ limbah cair tapioka. Dengan produksi tapioka yang sedemikian besar di beberapa daerah Indonesia, maka dapat disimpulkan bahwa begitu besar limbah yang dihasilkan dan kurang dimanfaatkan dengan baik, karena para pengusaha tapioka cenderung kurang memahami proses pembuatan *biogas* dan kurangnya biaya untuk instalasi pengolahan limbah menjadi *biogas*.

Biogas merupakan limbah organik (*biomassa*) dalam bentuk gas yang menjadi sumber energi terbarukan dan tersedia secara terus-menerus, yang berasal dari makhluk hidup. Sumber energi baru dan terbarukan ini merupakan solusi untuk menanggulangi krisis energi dan dapat mengurangi impor bahan bakar minyak terutama bahan bakar minyak tanah/*kerosin*,

Berikut ini adalah sumber daya energi yang tersedia di alam.

Tabel 1.2. Sumber daya energi yang tersedia

Sumber daya	Cadangan	Kapasitas produksi pertahun
Minyak bumi	9,8 Milyar BOE	0,5 Milyar BOE
Gas alam	165,89 TSCF	3,19 TSCF
Batubara	38,01 Milyar TCE	0,05 Milyar TCE
Tenaga	75.000 MW	3200 MW
<i>Geothermal</i>	20.000 Mwe	230 Mwe
<i>Biomassa</i>	1,085 juta Km ²	
Energi gelombang	Teridentifikasi	

Energi angin	Prospektif	
<i>Peat (biomassa)</i>	200 Milyar Ton	

Sumber: Kantor Menteri Sumber Daya Energi (SDE), 2000

Dengan didirikannya pabrik ini di Indonesia diharapkan dapat menanggulangi krisis energi serta masalah lingkungan terutama masalah limbah tapioka.

Beberapa faktor yang akan mendorong peningkatan *LMG* ini baik pada sisi penawaran dan permintaannya adalah sebagai berikut :

❖ Terus bertambahnya konsumsi gas dunia

IEA memprediksikan bahwa konsumsi gas akan tumbuh pada tingkat 2,7% per tahun pada periode hingga 2025, dibandingkan dengan 1,8% untuk minyak, dan 1,5% untuk batubara. Porsi penggunaan gas akan berada pada angka 28% dari penggunaan energi global pada 2025.

❖ Permintaan impor yang cukup tinggi

Sebagian besar negara konsumen gas memiliki produksi gas yang sangat sedikit (Jepang, Korea Selatan) atau telah mengembangkan cadangan gasnya hingga pada suatu titik dimana mereka telah melewati produksi puncaknya sehingga akhirnya bergantung pada gas impor (Amerika Serikat, Inggris).

❖ Masalah Lingkungan dan *Global Warming*

Masalah lingkungan yang sebelumnya dikesampingkan mulai banyak diperhatikan. *Global warming* (pemanasan global) yang diakibatkan adanya lapisan CO_2 dan CH_4 di atmosfer bumi membuat bumi semakin panas. CO_2 merupakan hasil pembakaran minyak bumi yang sebelumnya tersimpan di dalam tanah, sedangkan CH_4 merupakan senyawa organik yang sebagian besar

merupakan hasil sampah-sampah atau limbah organik tanpa penanganan yang teruraikan menjadi gas *methane* oleh mikroba-mikroba.

Tabel 1.3. Sumber pemanasan global

GAS	Kontribusi pada efek rumah kaca	Sumber emisi global	%
CO_2	45-50%	Batu bara	29
		Minyak bumi	29
		Gas alam	11
		Penggundulan hutan	20
		Lain-lain	10
CH_4	10-20%		

Sumber: Kantor Menteri Negara KLH, 1990

❖ Kemajuan teknologi

Kemajuan teknologi pencairan telah menyebabkan penurunan pada tingkat belanja kapital (*capital expenditure*) yang cukup besar, di samping karena ukuran *train* yang lebih besar. Biaya pembawa (*carrier*) LMG juga berkurang cukup signifikan. Pengurangan biaya pengembangan LMG ini membuka peluang untuk meningkatkan penggunaan teknologi LMG ini dimana mungkin sebelumnya teknologi ini sulit mencapai keekonomiannya.

Pemanfaatan dan pengembangan energi alternatif di Indonesia harus terus ditingkatkan lagi melalui upaya perluasan pangsa pasar yang ada dan pembukaan usaha baru.

Beberapa peristiwa yang telah mendorong penggunaan energi alternatif secara luas adalah sebagai berikut:

- ❖ Krisis minyak tahun 1973 yang mengakhiri era tersedia minyak secara murah dan mantap,
- ❖ Cadangan energi dunia terutama minyak mentah yang terus berkurang,

- ❖ Munculnya kepedulian lingkungan hidup yang mendorong untuk menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan,
- ❖ Perkembangan teknologi yang mendukung kegiatan proses produksi gas alam hingga pencairan biogas menjadi *LMG*, dan perkembangan teknologi pengangkutannya.

Pendirian pabrik *Liquified Methane Gas (LMG)* dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar rumah tangga, pabrik-pabrik dalam negeri maupun luar negeri. Di samping itu dengan mendirikan pabrik *LMG* didalam negeri akan memberikan beberapa manfaat, diantaranya :

- a. Memenuhi permintaan akan gas alam oleh negara lain yang diproyeksikan persentasenya akan terus meningkat,
- b. Dapat memberikan kesempatan bagi berdirinya pabrik-pabrik yang menggunakan gas alam sebagai bahan bakar,
- c. Memenuhi kebutuhan bahan bakar untuk konsumsi rumah tangga,
- d. Membantu memperlancar roda perekonomian pemerintah, dengan menambah devisa Negara,
- e. Menciptakan lapangan pekerjaan,
- f. Membantu proses diversifikasi energi alternatif,
- g. Menciptakan energi baru yang lebih ramah lingkungan.

Produk *LMG* ini merupakan produk yang banyak digunakan pada industri kimia antara lain sebagai bahan baku dalam industri petrokimia seperti pembuatan *ammonia, methanol*, serta bahan bakar pembangkit listrik dan bahan bakar pabrik-

pabrik seperti pabrik baja, pabrik semen, pabrik gelas/kaca atau bahan bakar pengganti bensin.

Untuk saat ini di Indonesia belum ada pabrik yang mengolah secara khusus biogas menjadi *LMG (Liquefied Methane Gas)*. Namun untuk skala kecil untuk kebutuhan rumah tangga (memasak) dan ada beberapa skala besar contohnya di PT. Gunung Madu (GPM) di Lampung, PT. BAJ di Lampung dan BPPT *project* di Jakarta yang memanfaatkan limbahnya untuk dijadikan *biogas* diproses selanjutnya untuk menghasilkan tenaga listrik. Berikut ini merupakan kebutuhan impor BBM Indonesia.

Table.1.3 Impor Bahan Bakar Minyak Tahun 2006 (dalam barel)

Bulan	Solar	M. Tanah	M. Bakar	Premium	Avtur
Januari	7.906.285,49	1.228.857,00	726.083,00	3.684.069,08	589.976,00
Februari	4.902.628,31	509.166,00	931.257,00	2.814.136,90	342.130,00
Maret	7.217.451,60	1.237.440,00	959.997,00	3.037.081,00	347.401,88
April	6.206.850,71	589.942,00	570.947,00	4.032.701,29	0,00
Mei	5.349.328,29	1.474.302,00	190.000,00	1.813.015,83	237.376,00
Jun	6.371.881,76	892.398,00	737.696,00	1.778.546,00	239.202,00
Juli	11.943.730,68	903.853,00	369.311,00	3.416.216,16	228.381,00
Agustus	10.366.739,34	2.384.041,00	793.696,58	4.486.292,82	597.296,00
September	5.397.160,08	2.464.758,00	1.830.404,57	4.181.765,84	487.540,00
Oktober	7.350.534,34	2.169.670,00	1.238.355,04	4.238.910,77	342.198,00
November	7.503.411,63	915.029,00	630.964,66	2.339.665,21	485.468,00
Desember	8.238.915,68	1.569.296,00	539.921,34	3.158.610,00	247.673,00
Total	90.854.907,82	16.378.352,00	9.820.636,19	38.951.283,80	4.112.631,88

Sumber: Departemen Perdagangan, 2006

Dari tabel diatas impor BBM terbesar Indonesia ialah solar dengan total impor 90.854.907,82 barell, peringkat kedua ialah premium total impor 38.951.283,80 barell, dan peringkat ketiga ialah minyak tanah/*kerosin* dengan total impor 16.378.352,00 barell. Dengan berdirinya pabrik *LMG* ini maka

diharapkan kebutuhan impor BBM terutama minyak tanah dapat dikurangi dan ini akan menghemat APBN sehingga dana yang seharusnya untuk membeli minyak tanah dapat dialokasikan untuk prasarana lain.

Berdasarkan pertimbangan faktor diatas maka ditentukan perancangan pabrik *Liquified methane gas (LMG)* dari gas alam sebesar 6.924 ton/tahun perlu direalisasikan.

1.2 Tinjauan Pustaka

Biogas adalah gas yang mudah terbakar (*flammable gas*) yang diperoleh dari penguraian senyawa-senyawa organik dalam *biomassa* sebagai akibat aktivitas *mikroorganisme (fermentasi)* pada kondisi tanpa udara (*anaerobic*). Kandungan utama *biogas* adalah gas *methane (CH₄)* dan *carbon dioxide (CO₂)*. Sebagian kecil adalah gas *hydrogen sulfide (H₂S)*, *nitrogen (N₂)*, *hydrogen (H₂)*, dan *carbon monoxide (CO)*. Kehadiran gas *methane* yang besar ini membuat *biogas* mudah terbakar dan dapat dipakai sebagai sumber energi untuk memasak, penerangan, bahkan pada skala besar dapat menghasilkan energi listrik. Agar dapat menghasilkan nilai kalori yang besar maka perlu dimurnikan dengan menghilangkan gas *H₂S* dan *CO₂*.

Bahan baku pembuatan *biogas* adalah senyawa-senyawa organik yang banyak terdapat pada :

1. Limbah peternakan, seperti kotoran sapi (perah atau pedaging), ayam, kambing, kerbau, babi, dan kuda.
2. Sampah-sampah organik perkotaan, seperti sampah pasar dan sampah rumah tangga.

3. Limbah-limbah pertanian, seperti jerami, sekam padi, batang dan daun-daunan sisa panen, tandan kosong sawit, dan bonggol jagung.
4. Limbah organik industri, seperti ampas pabrik tahu, limbah pabrik gula, dan limbah pabrik tapioka.
5. *Feses/kotoran manusia.*

Masing-masing bahan baku memiliki perbedaan karakter sehingga akan menghasilkan kuantitas dan kualitas *biogas* yang berbeda pula.

Pembentukan *biogas* dilakukan oleh mikroba pada situasi *anaerob (fermentasi)* meliputi tiga tahap, yaitu tahap *hidrolisis*, tahap pengasaman, dan tahap *metanogenik*.

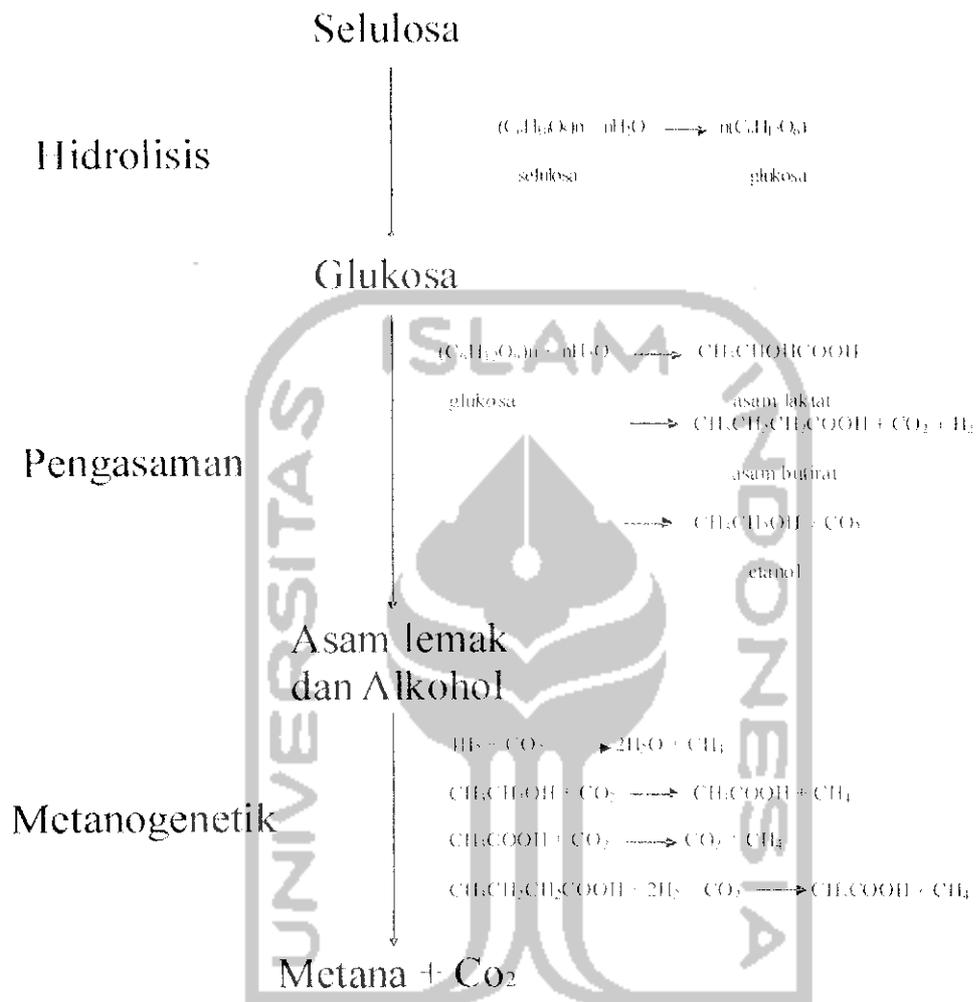
1. Pada tahap *hidrolisis* terjadi pelarutan bahan-bahan organik mudah larut dan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk primer menjadi bentuk *monomer*.
2. Pada tahap pengasaman komponen *monomer* (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap *hidrolisis* akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari gula-gula sederhana pada tahap ini akan dihasilkan *asam asetat, propionat, format, laktat, alkohol*, dan sedikit *butirat, gas carbon dioxide, hydrogen* dan *ammonia*.
3. Sedangkan pada tahap *metanogenik* adalah proses pembentukan gas *methane*.



Sedangkan bakteri-bakteri *anaerob* yang berperan dalam ketiga fase di atas terdiri dari:

1. Bakteri pembentuk asam (*acidogenic bacteria*) yang merombak senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, yaitu berupa asam organik, CO_2 , H_2 , dan H_2S .
2. Bakteri pembentuk asetat (*acetogenic bacteria*) yang merubah asam organik dan senyawa netral yang lebih besar dari *methanol* menjadi *asetat* dan *hydrogen*.
3. Bakteri penghasil *methane* (*methanogens*), yang berperan dalam merubah asam-asam lemak dan alkohol menjadi *methane* dan *carbon dioxide*. Bakteri pembentuk *methane* antara lain *methanococcus*, *methanobacterium*, dan *methanosarcina*.





Gambar 1.1 Tahap pembentukan *biogas* (FAO, 1998)

LMG berasal dari *biogas* yang telah dimurnikan, *biogas* dapat dipakai sebagai sumber energi selayaknya Bahan Bakar Minyak (BBM) atau Bahan Bakar Gas (BBG). Nilai kalor (*heating value*) rata-rata *biogas* mencapai kisaran $4700 - 6000 \text{ kkal/m}^3$ ($20 - 24 \text{ J/Nm}^3$), tetapi dengan pemurnian nilai kalor yang diperoleh mencapai 6000 kkal/m^3 . Dengan nilai kalor sebesar itu, penggunaan 1 m^3 *biogas* (dihasilkan oleh 0.4425 m^3 limbah tapioka) akan setara dengan energi yang dihasilkan oleh :

- 1 pon (0,48 kg) gas *LPG*
- 0,52 liter minyak *diesel* (solar)
- 0,8 liter *gasoline*
- 0,62 liter minyak tanah (*kerosin*)
- 0,6 liter minyak mentah (*crude oil*)
- 1,1 liter alkohol
- 1,4 kg batubara
- 4,7 kWh listrik
- 3,5 kg kayu bakar

(FAO, 1998)

Prinsip dasar proses pencairan gas termasuk juga proses *LPG*, *LNG*, dan *LMG* ada dua jalan yang dapat ditempuh yaitu :

1. Gas dicairkan dengan cara mendinginkannya sampai dibawah titik cair jenuhnya pada tekanan atmosferis. Seperti apa yang dilakukan untuk gas alam menjadi *LNG* atau *LMG* hasil fermentasi dengan cara pendinginan sampai suhu mencapai -160°C pada tekanan atmosferis, sedangkan *LPG* didinginkan sampai suhu mencapai -40°C . Proses ini terdiri dari proses pendinginan bertingkat.
2. Gas dimampatkan atau ditekan sampai tekanan tertentu, sehingga berbentuk cairan pada suhu -83°C (seperti apa yang dilakukan untuk gas alam menjadi *BBG* atau *CNG* yang ditekan sampai tekanan 200 bar atau 2900 psig, serta gas alam menjadi *LPG* yang ditekan sampai 70 psig untuk *LPG butane*, 120 psig untuk *LPG campuran propane* dan *butane* serta 210 psig untuk *LPG propane*).