

## Pra Rancang Bangun Pabrik Biogas Dari Limbah Padat Pembuatan Tahu Dengan Kapasitas 4.865,664 Liter/Tahun

Mira <sup>1</sup>, Taufik Iskandar <sup>2</sup>, S.P. Abrina Anggraini <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi

---

### ABSTRAK

Metana adalah senyawa hidrokarbon dengan rumus molekul  $CH_4$ , metana merupakan bahan kimia yang digunakan sebagai biogas dan juga dapat digunakan sebagai bahan bakar listrik, sebagai bahan baku pembuatan gas metana adalah limbah padat pembuatan tahu bahan pembantunya adalah air dan kapur, proses pembuatan biogas merupakan proses fermentasi anaerobic, yaitu proses dekomposisi bahan-bahan organik secara biologis dengan bantuan mikroorganisme yang menghasilkan biogas dan kompos tanpa adanya oksidasi, secara umum kandungan karbon dalam limbah padat pembuatan tahu dapat dikonversi menjadi biogas (campuran  $CH_4$  dan  $CO_2$ ), sedangkan limbah cair dan padatnya dijadikan pupuk cair dan pakan ikan bternak, Proses pembuatan gas metana akan mereaksikan bahan organik dan air dengan konversi 70%, sehingga memperoleh kemurnian 99%. Pra rancang bangun pabrik methana ini diharapkan mampu memproduksi dengan : kapasitas produksi 4.865,664 liter/tahu, waktu operasi 300 hari/tahun, 24 jam/hari, lokasi pabrik akan dibangun di daerah burneh tepatnya di kota bangkalan Madura, Didilihat dari analisa ekonomi terhadap pabrik methane maka diperoleh data sebagai berikut : total capital invesment (tci): rp 22.748.504.777 return of invesment ( $ROI_{bt}$ ): 30,12% return of invesment ( $ROI_{at}$ ): 20,9% play out time (pot): 4,25 tahun break even point (bep): 38,33% internal rate of return (irr): 14,75%. Maka dapat disimpulkan bahwa pra rencana pabrik biogas dari limbah padat pembuatan tahu dengan kapasitas 4.865,664 liter/tahun adalah layak didirikan.

**Kata-kata kunci** : Biogas, Metana, Absorber

### ABSTRACT

*Methane is a hydrocarbon compound with the molecular formula  $CH_4$ , methane is a chemical used as biogas and can also be used as an electrical fuel, as a raw material for methane gas production is solid waste making know its auxiliary materials is water and lime, biogas bembuatan process is fermentation process anaerobic, ie the process of decomposition of organic materials biologically with the aid of microorganisms that produce biogas and compost in the absence of oxidation, in general carbon content in solid waste making of tofu can be converted into biogas (mixture of  $CH_4$  and  $CO_2$ ), whereas liquid waste and solids are made fertilizer liquid and feed the fish bternak, The process of making methane gas will react organic and water with conversion 70%, so get 99% purity. The pre design of the methane plant is expected to be able to produce with: production capacity 4,865,664 liter / know, operating time 300 days / year, 24 hours / day, factory location will be built in burneh precisely in bangkalan city of Madura, seen from economic analysis to methane plant then the data obtained as follows: total capital investment (tci): rp 22.748.504.777 return of invesment ( $ROI_{bt}$ ): 30.12% return of invesment ( $ROI_{at}$ ): 20.9% play out time (pot): 4.25 tahun break even point (bep): 38.33% internal rate of return (irr): 14.75%. So it can be concluded that pre-planned biogas plant factory from solid waste manufacture with a capacity of 4865.664 liters / year is worth establishing.*

**Keywords** : Biogas, Methane, Absorber

---

## PENDAHULUAN

Energi merupakan komponen penting untuk menunjang aktivitas dan usaha produktif maupun dalam menghasilkan barang dan jasa. Sumber energi dapat berasal dari energi fosil, energi matahari, air, angin atau energi dari sumber daya hayati (bioenergi). Kelangkaan bahan bakar minyak sudah tidak dapat dipungkiri lagi. Persediaan minyak bumi di dunia makin lama makin menipis dan harganya makin melonjak. Seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan sumber energi makin meningkat, terutama dari minyak bumi. Untuk itu, sumber energi selain minyak bumi sangat diperlukan salah satunya adalah bioenergi.

Menipisnya sumber cadangan minyak bumi serta permasalahan emisi dari bahan bakar fosil memberi tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi terbarukan, Biogas sebagai sumber energi alternatif mempunyai beberapa keunggulan dari pada BBM yang berasal dari fosil, yaitu bersifat ramah lingkungan dan dapat diperbaharui.

Secara umum sumber energi dapat dibedakan menjadi dua yaitu sumber energi terbarukan dan sumber energi tak terbarukan. Sumber energi tak terbarukan merupakan yang sifatnya habis sekali pakai dan tidak dapat terbentuka lagi atau berkelanjutan. Misalnya gas alam, minyak bumi, dan batu bara.

Sedangkan sumber energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat dengan cepat diisi oleh alam dalam proses yang berkelanjutan. Dengan kata lain sumber energi yang tidak akan habis jika dimanfaatkan dengan benar. Misalnya sinar matahari, angin, bioenergi, panas bumi, dll.

Bionergi merupakan sumber energi (bahan bakar) yang dihasilkan oleh sumber daya hayati seperti tumbuh-tumbuhan, minyak nabati, dan limbah peternakan dan pertanian. Jenis energi yang dihasilkan berupa energi dalam bentuk

gas (*biogas*), cair (*biofuel*), atau padat (*biomass*). Energi tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghasilkan panas (kalor), gerak (mekanik), dan listrik tergantung pada alat yang digunakan dan kebutuhan dari pengguna. Dengan kekayaan dan keragaman sumber daya hayati yang ada di Indonesia, pemanfaatan bioenergi merupakan pilihan yang tepat dalam rangka penyediaan energi yang terbarukan, murah, dan ramah lingkungan.

Biogas merupakan energi yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam, dengan pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dan semakin menipisnya kebutuhan bahan bakar menjadi permasalahan yang besar bagi kelangsungan hidup selanjutnya.

Biogas adalah energi yang dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Gas metan terbentuk karenanya adanya proses fermentasi secara anaerobik oleh bakteri metan atau disebut juga bakteri yang mengurangi sampah organik yang banyak mengandung bahan organik sehingga terbentuk gas metan yang apabila dibakar dapat menghasilkan energi panas.

Sejarah biogas awalnya adalah dari Mesir, China dan Roma kuno diketahui telah memanfaatkan gas alam ini yang dibakar untuk menghasilkan panas. Namun, orang pertama yang mengaitkan gas bakar ini dengan proses pembusukan bahan sayuran adalah A.Volta (1776), sedangkan Wiliam Henri pada tahun 1806 mengidentifikasikan gas yang dapat terbakar tersebut adalah gas metan lalu Becham (1968) murid dari Louis Pasteur dan Tappeuner memperlihatkan asal mikrobiologis dari pembentukan metan.

Teknologi biogas muncul karena dorongan naiknya harga minyak dunia, biogas memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi dengan murah dan tidak mencemari lingkungan. Biogas pertama kali

dikembangkan pada 1970 di Denmark, saat itu, Denmark telah membangun 55 lokasi pengolahan biogas, Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik yang dihasilkan oleh mikroorganisme anaerobik pada kondisi anaerob didalam digester. Gas yang dimanfaatkan adalah gas metana yang dapat diperoleh setelah melalui rangkaian proses biokimia yang kompleks.

Tahu merupakan makanan tradisional sebagian besar masyarakat di Indonesia, yang digemari hampir seluruh lapisan masyarakat. Selain mengandung gizi yang baik, pembuatan tahu juga relatif murah dan sederhana. Rasanya enak serta harganya terjangkau oleh seluruh lapisan masyarakat.

Proses pembuatan tahu melalui beberapa tahap pengolahan yaitu perendaman, penggilingan, ekstraksi protein, penggumpalan dan pencetakan. Banyaknya air yang digunakan untuk ekstraksi protein menentukan banyaknya yang terekstrak, ditandai dengan banyaknya rendaman yang dihasilkan.

Ampas tahu merupakan hasil sampingan dari pengolahan kedelai menjadi tahu. Pengolahan kedelai biasanya menimbulkan bau langu yang khas. Bau langu adalah bau yang khas pada kedelai yang disebabkan oleh oksidasi asam lemak tak jenuh (PUFA) pada kedelai. Reaksi oksidasi ini dapat berlangsung dengan adanya oksigen dan dikatalisis oleh enzim lipoksigenase pada asam lemak tak jenuh terutama asam linoleat yang mengandung gugus cis, cis 1,4 pentadiena. Komponen penyusun flavour yang dominan dalam reaksi tersebut adalah senyawa etilfenilketon (Santoso, 1994 ; Winarno, 1995).

Metana adalah hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH<sub>4</sub>. Metana murni tidak berbau, tapi jika digunakan untuk keperluan komersial, biasanya ditambahkan sedikit bau belerang untuk mendeteksi kebocoran yang mungkin terjadi.

Tabel 1. Kandungan Gas metana dalam biogas

No	Komponen	Konsentrasi
1	Metana (CH <sub>4</sub> )	50-75% vol.
2	Karbondiosida	25-45% vol.
3	Air (H <sub>2</sub> O)	2-7% vol. (20-40°C)
4	Hidrogensulfida (H <sub>2</sub> S)	20-20.000 ppm
5	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	<2% vol.
6	Oksigen (O <sub>2</sub> )	<2% vol.
7	Hidrogen (H <sub>2</sub> )	<2% vol.

### Proses Produksi

Proses pembuatan biogas merupakan proses fermentasi anaerobik yaitu proses dekomposisi bahan-bahan organik secara biologis dengan bantuan mikroorganisme yang menghasilkan biogas dan kompos pada lingkungan tanpa adanya oksigen. Secara umum kandungan karbon di dalam sampah dapat dikonversi menjadi biogas (campuran metana dan CO<sub>2</sub>), sedangkan kandungan nutriennya akan dikonversi menjadi kompos.

Proses pembuatan gas metana secara garis besar dibagi ke dalam tahap-tahap berikut ini :

1. Tahap pretreatment
2. Tahap pembentukan gas metan
3. Tahap pemurnian produk

### Utilitas

Utilitas adalah salah satu bagian yang sangat penting serta diperlukan untuk menunjang jalannya suatu proses produksi dalam industri ini. Unit utilitas yang diperlukan pada prarancang bangun pabrik biogas dari limbah padat pembuatan tahu antara lain:

1. Air yang berfungsi sebagai air proses, air pendingin, air sanitasi dan air untuk pemadam kebakaran
2. Listrik yang berfungsi untuk menjalankan alat-alat produksi, utilitas dan penerangan

3. Bahan bakar untuk pengoperasian boiler

Dari kebutuhan unit utilitas yang diperlukan, maka utilitas tersebut dibagi menjadi 3 unit antara lain:

1. Unit penyediaan air
  2. Unit pembangkit listrik
- Unit penyediaan bahan bakar

### Instrumen

Instrumentasi merupakan bagian yang penting dalam pengendalian proses didalam suatu pabrik atau industri, pengendalian proses meliputi seluruh unit pabrik maupun hanya pada beberapa unit pabrik yang benar-benar diperlukan secara cermat dan akurat. Pengetahuan akan pemilihan alat-alat pengendalian proses ini sangat penting karena menyangkut harga peralatan yang cukup mahal.

Tujuan utama dalam pemasangan alat ini adalah untuk menjaga keamanan dalam suatu proses produksi, antara lain:

1. Menjaga variabel-variabel proses berada dalam batas operasi aman
2. Mendeteksi suatu bahaya dengan membuat tanda-tanda bahaya memutuskan hubungan secara otomatis
3. Untuk mendapatkan rate produksi yang diinginkan
4. Untuk menjaga kualitas produksi
5. Untuk mendapatkan biaya produksi rendah

Macam-macam instrumen alat yang digunakan dalam pra rancang bangun pabrik biogas dari limbah padat pembuatan tahu antara lain:

1. Level Control (LC): alat pengukur tinggi permukaan liquid
2. Temperatur Control (TC): alat pengukur suhu
3. Pressure Control (PC) : alat pengontrol tekanan
4. Flow Control (FL): alat pengontrol laju alir

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penetapan kapasitas produksi yang diperlukan adalah kunci permasalahan pokok, tidak hanya untuk merancang fasilitas produksi atau ekspansi fasilitas yang ada, akan tetapi juga untuk mengantisipasi periode operasi yang pendek dimana ukuran pabrik tidak bias dirubah begitu saja

Didalam mendirikan pabrik diperlukan suatu perkiraan kapasitas produksi agar produk yang dihasilkan sesuai dengan permintaan dan bahan bakunya, data produksi kedelai pada 4 tahun terakhir dapat dilihat pada tabel 1.4, pabrik ini rencananya akan didirikan didaerah madura tepatnya dikabupaten bangkalan dikarenakan pabrik tahu yang ada didaerah bangkalan cukup banyak sehingga potensi untuk mendirikan pabrik biogas dari ampas tahu cukup besar, pabrik ini rencananya akan dibangun pada tahun 2019.

Bobot ampas tahu rata-rata 1,12 kali bobot kedelai kering, sedangkan volumenya 1,5 sampai 2 kali volume kedelai kering (Shurtleff dan Aoyogi, 1979). Berdasarkan angka tersebut maka dari 1 kg kacang kedelai yang dijadikan tahu akan dihasilkan 1,2 kg ampas tahu, Jumlah Biogas dari 1 kg kedelai adalah rata-rata 4 liter (Imam2010).

**Tabel. 2. Data produksi kedelai untuk pembuatan tahu**

Tahun	Produksi kedelai (kg)	Limbah Padat (kg)	%
2011	1.763	2.115,6	-
2012	1.793	2.151,6	1,70
2013	1.813	2.175,6	1,11
2014	1.858	2.229,6	2,48
<b>Jumlah</b>	<b>7227</b>	<b>8.672,4</b>	<b>5,29</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>1806,75</b>	<b>2.168,1</b>	<b>1,76</b>

Sumber. (Pusat Teknologi Lingkungan BPPT, 2014)

Kenaikan produksi rata-rata

$$= (1,70+1,11+2,48) / 3 = 1,76 \%$$

**Perhitungan Kapasitas**

Untuk menentukan kapasitas bahan baku pabrik di gunakan rumus:

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

Dimana :

F = Perkiraan produksi pada tahun 2019

P = Jumlah produksi kedelai tahun 2014

i = nilai kenaikan produksi kedelai tiap tahunnya

n = Selisih waktu perkiraan (2019-2014) = 5 tahun

Maka :

$$\begin{aligned} F &= 2.229,6 \times (1+0,0176)^5 \\ &= 2.229,6 \times (1,0176)^5 \\ &= 2.229,6 \times 1,091153 \\ &= 2.432,834 \end{aligned}$$

Untuk menentukan kapasitas pabrik per tahun digunakan 60% dari limbah padat tahu sehingga di dapat 1.459,700 kg/tahun.

**Menentukan kapasitas produksi:**

Limbah padat/ampas tahu

$$= 1.459,700 \text{ kg/tahun}$$

Maka kedelai yang tersedia

$$= \frac{1.459,700}{1,2} \text{ kg/tahun}$$

$$= 1.216,416 \text{ kg/tahun}$$

Jumlah Biogas dari 1 kg kedelai adalah rata-rata 4 liter (Imam 2010).

Maka jumlah biogas yang didapat :

$$= \frac{1.216,416 \text{ kg/tahun} \times 4 \text{ liter}}{1 \text{ kg}}$$

$$= 4.865,668 \text{ liter/tahun}$$

$$= 4.865,668 \text{ liter/tahun}$$

Perkiraan kapasitas produksi pada tahun 2019 yaitu 4.865,664 liter/tahun

**Tabel 3. Berat molekul**

No	Nama / lambang	Massa Atom
1	Air (H <sub>2</sub> O)	18 kg/kmol
2	Kapur (CaO)	56 kg/kmol
3	Kalsium hidroksida (Ca(OH) <sub>2</sub> )	74 kg/kmol
4	Asam asetat (CH <sub>3</sub> COOH)	60 kg/kmol
5	Metana (CH <sub>4</sub> )	16 kg/kmol
6	Karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )	44 kg/kmol
7	Kalsium Karbonat (CaCO <sub>3</sub> )	100 kg/kmol

**Tabel 4. Tangki Pengencer Kapur**

Bahan Masuk	Bahan Keluar
<b>Limbah Padat Tahu</b>	
Karbohidrat = 26,92% x 202,74 = 54,58 kg	Karbohidrat = 54,58 kg
Protein = 23,55 % x 202,74 = 47,75 kg	Protein = 47,75 kg
Lemak = 16,53 % x 202,74 = 33,51 kg	Lemak = 33,51 kg
Phosfat = 0,22% x 202,74 = 0,45 kg	Nitrogen = 4,30 kg
Nitrogen = 2,12 % x 202,74 = 4,30 kg	Phosfat = 0,45 kg
Abu	Abu = 14,13 kg
	Air = 115,6 kg

$= 6,97\% \times 202,74 =$	
14,13 kg	
Air	
$= 23,69\% \times 202,74$	
$= 48,02$ kg	
<b>Jumlah</b>	
<b>= 202,74 kg</b>	
Air Pengencer	
$= 67,58$ kg	
<b>Total</b>	<b>Total</b>
<b>= 270,32 kg</b>	<b>= 270,32 kg</b>

Tabel 5. Neraca Massa pada Digister

Bahan Masuk	Bahan Keluar
Karbohidrat	Produk Atas :
$= 54,58$ kg	$CH_4 = 165,88$ kg
Protein	$CO_2 = 125,45$ kg
$= 47,75$ kg	<b>jumlah = 291,33 kg</b>
Lemak	Produk Bawah
$= 33,51$ kg	Asam asetat
Nitrogen	$= 64,8$ kg
$= 4,30$ kg	Air
Phosfat	$= 63,26$ kg
$= 0,45$ kg	$Ca(OH)_2$
Abu	$= 248,69$ kg
$= 14,13$ kg	Slurry
Air	$= 27,63$ kg
$= 196,7$ kg	<b>Jumlah</b>
$Ca(OH)_2$	<b>= 337,58 kg</b>
$= 248,69$ kg	
Inert	
$= 27,63$ kg	
<b>Total</b>	<b>Total</b>
<b>= 627,75 kg</b>	<b>= 627,75 kg</b>

Tabel 6. Neraca Massa pada Absorber

Bahan Masuk	Bahan Keluar
$CH_4$	Produk Atas :
$= 165,88$ kg	$CH_4 = 165,88$ kg
$CO_2$	<b>jumlah</b>
$= 125,45$ kg	<b>= 165,88 kg</b>
$Ca(OH)_2$	Produk Bawah
$= 384,46$ kg	$CO_2$

$= 125,45$ kg	
$CaCO_3$	
$= 248,690$ kg	
$H_2O$	
$= 135,72$ kg	
<b>Jumlah</b>	
<b>= 509,86 kg</b>	
<b>Total</b>	<b>Total</b>
<b>= 675.79 kg</b>	<b>= 675.79 kg</b>

Tabel 7. Neraca Panas pada Digister

Panas Masuk (Kkal)	Panas Keluar (Kkal)
$\Delta H_1$	$\Delta H_2$
73204,04	24596,63
$\Delta HR$	$\Delta H_3$
3524,8021	48295,77
	Qloss
	3836,442
<b>Jumlah</b>	<b>Jumlah</b>
<b>76728,8418</b>	<b>76728,8418</b>

Tabel 8. Neraca Panas Pada Absorber

Panas Masuk (Kkal)	Panas Keluar (Kkal)
$\Delta H_1$	$\Delta H_2$
2804,74	4591,39
$\Delta HR$	$\Delta H_3$
1717,996	294,749
	Qloss
	226,1366
<b>Jumlah</b>	<b>Jumlah</b>
<b>4522,732</b>	<b>4522,732</b>

### Rancangan Alat Utama Absorber

Absorber berupa bejana tegak, yang berdiri pada skirt dan pondasi beton yang terdiri dari empat nozzle. Nozzle bagian samping bawah yang berfungsi untuk memasukkan feed, Nozzle bagian atas untuk memasukkan  $Ca(OH)_2$  untuk nozzle pengeluaran produk terdapat samping atas, bagian bawah terdapat

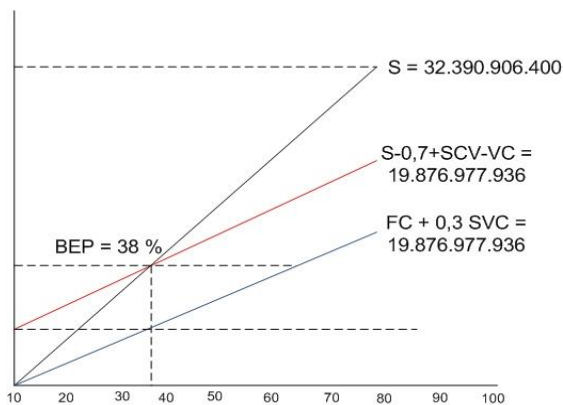


nozzle untuk pembuangan slurry, dalam absorber juga terdapat isian yang terbuat dari keramik. Dalam operasi normal, feed gas yang masuk dari bawah melalui nozzle pemasukan bergerak ke atas melalui kolom isian, sedangkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  yang digunakan untuk mengikat gas impurities dialirkan secara berlawanan arah dari nozzle pemasukan feed liquid. Akibat kontak tersebut, gas yang tidak diinginkan dapat terserap oleh  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dan mengalir melalui bottom, sedangkan produk gas yang diinginkan dengan kemurnian tinggi keluar melalui top dari kolom

### Perancangan Alat Absorber

Volume absorber ( $V_a$ )	= 1,7075 ft <sup>3</sup>
Diameter luar (OD)	= 1,660 in
Diameter dalam (ID)	= 1,380 in
Tebal shell ( $t_s$ )	= 5/8 in = 0,05ft
Tinggi shell ( $H_s$ )	= 180 in = 15 ft
Tebal head ( $t_h$ )	= 1,25 in
Tinggi head ( $H_h$ )	= 34,39 in
Tebal bottom ( $t_b$ )	= 3/4 in
Tinggi bottom ( $H_b$ )	= 20,20 in
Tinggi Absorber ( $H_a$ )	= 180 in

### ANALISA EKONOMI



GRAFIK BEP

Ditinjau dari perhitungan analisa ekonomi terhadap pabrik Biogas, maka diperoleh data sebagai berikut :

### KESIMPULAN

Ditinjau dari semua aspek perhitungan analisa ekonomi, system yang digunakan, proses yang dipilih dan lokasi yang tepat terhadap pabrik Biogas, Maka dapat disimpulkan bahwa Pra Rencana Pabrik Pabrik Biogas dari Limbah Padat Pembuatan Tahu dengan Kapasitas 4.865,664 liter/tahun adalah layak didirikan dilihat dari aspek ekonomi sebagai berikut :

- Total Capital Invesment (TCI)  
: Rp 22.748.504.777
- Return Of Invesment (ROI<sub>BT</sub>) : 30,12 %
- Return Of Invesment (ROI<sub>AT</sub>) : 20,9 %
- Play Out Time (POT) : 4,25 tahun
- Break Even Point (BEP) : 38,33 %
- Internal Rate Of Return (IRR) : 14,75 %

### DAFTAR PUSTAKA

- A.Volta (1776) Pemanfaatan bahan sayuran dengan proses pembusukan menghasilkan panas
- Becham dan Tappeuner (1968) Asal mikrobiologis dari pembentukan metan.
- Santoso (1994) ; Winarno (1995). Tentang Ampas tahu merupakan hasil sampingan dari pengolahan kedelai menjadi tahu
- Shurtleff dan Aoyogi (1979). Tentang bobot ampas tahu dan voumenya
- Pusat Teknologi Lingkungan BPPT (2014). Data produksi kedelai untuk pembuatan tahu
- Wiliam Henri pada tahun (1806). mengidentifikasi gas yang dapat terbakar tersebut adalah gas metan