

# SIMULASI PEMURNIAN BIOGAS DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MENJADI BIOMETANA MENGGUNAKAN ABSORBER PACKED COLUMN DENGAN APLIKASI ASPEN HYSYS V10

**Ridho Anshori Sebayang<sup>1</sup>, Novi Sylvia<sup>2\*</sup>, Nasrul ZA<sup>3</sup>, Ishak Ibrahim<sup>4</sup>, dan Yazid Bindar<sup>5</sup>**

<sup>1234</sup>*Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia*

<sup>5</sup>*Prodi Teknik Kimia dan Prodi Teknik Bioenergi dan Kemurgi*

*Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung, Bandung*

*\*Email : novi.sylvia@unimal.ac.id*

## Abstrak

*Palm Oil Mill Effluent* (POME) merupakan salah satu limbah minyak kelapa sawit yang harus diolah karena dapat berakibat buruk terhadap lingkungan. POME memiliki kandungan gas rumah kaca yang cukup tinggi, yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Saat ini, salah satu jalur pengelolaan POME adalah dengan mengolah POME menjadi biogas. Biogas yang dihasilkan memiliki kandungan utama gas metana (CH<sub>4</sub>), gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), dan sedikit kandungan gas lainnya seperti hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S), dan oksigen (O<sub>2</sub>). Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan impurities biogas yaitu gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) sehingga dapat menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) dengan kemurnian yang tinggi. Untuk mengurangi kandungan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) pada penelitian ini digunakan *absorber packed column* dengan jenis paked yang digunakan adalah *pall ring*. Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemurnian biogas menggunakan Aspen Hysys V.10 dengan bervariasi temperatur, tekanan, dan komposisi diethanolamine dalam air yg masuk pada *absorber packed colum*. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pemurnian biogas menggunakan absorben diethanolamine pada *absorber packed column* dapat meningkatkan kandungan gas metana pada biogas. Diethanolamine yang digunakan sebagai pemurnian biogas dapat mengurangi kandungan gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan gas hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dalam biogas karena kedua gas tersebut memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gas metana (CH<sub>4</sub>). Berdasarkan penelitian ini absorben diethanolamine dapat memurnikan CH<sub>4</sub> hingga 98,98%. Nilai HHV (*High Heating Value*) biogas meningkat dengan bertambahnya komposisi dari gas metana pada biogas karena di dalam biogas, gas yang terkandung paling banyak adalah gas metana. Sehingga, nilai HHV (*High Heating Value*) biogas dapat meningkat yang diikuti dengan meningkatnya konsentrasi gas metana pada biogas.

**Kata Kunci :** *Absorber, Biogas, Hidrogen Sulfida, Karbon Dioksida, Pall Ring*

## Pendahuluan

**Latar Belakang.** Biogas adalah gas yang dihasilkan oleh bakteri dari bahan organik yang mengalami proses fermentasi dalam reaktor (biodigester) dan kondisi anaerob (tanpa udara). Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biogas seperti biomassa (bahan organik bukan fosil), kotoran, sampah padat hasil aktivitas perkotaan dan lain-lain. Akan tetapi, biogas biasanya dibuat dari kotoran ternak seperti kerbau, sapi, kambing, kuda dan lain– lain. Gas yang terkandung dalam biogas utamanya adalah metana (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Biogas mengandung metana (45-75%), karbon dioksida (25-55%) dan komponen lainnya termasuk sebagian kecil hidrogen (H<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) dan uap air [1,2]. Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah cair dalam bentuk *palm oil mill effluent* (POME) yang dapat diolah menjadi biogas. Limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) mengandung protein, karbohidrat, dan glukosa yang memiliki senyawa karbon yang dapat diolah dengan bantuan bakteri untuk dapat menghasilkan biogas dengan kandungan utama gas metana dan gas karbon dioksida. Tahap awal adalah proses hidrolisis polimer dari limbah cair dengan menggunakan enzim lipase dan enzim

protease yang digunakan untuk memecah masing-masing ikatan lemak dan protein. Hasil akhir dari proses ini adalah limbah dalam senyawa terlarut. Kemudian dengan bantuan bakteri metana, larutan tersebut siap untuk diolah menghasilkan gas metana dengan produk ikutan berupa gas karbon dioksida. Dari komposisi biogas tersebut, gas metana saja yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan gas lainnya seperti karbondioksida yang mengurangi nilai kalor metana dan hidrogen sulfida yang mengakibatkan korosi pada mesin, maka gas-gas tersebut harus dikurangi. Gas metana adalah gas yang tidak berbau dan tidak berwarna serta memiliki titik didih -161 °C pada tekanan atmosfer mudah terbakar hanya selama rentan konsentrasi 5-15% di udara [3].

Banyak usaha yang telah dilakukan untuk menurunkan kandungan CO<sub>2</sub> dalam proses pemanfaatan biogas seperti Pada penelitian Wicaksono dkk, 2018 yaitu *Reducing CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S Gas in Biogas Using Wet Scrubber Method with Ca(OH)<sub>2</sub> Solution* menunjukkan bahwa laju alir larutan absorben yang paling efektif dalam menurunkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S adalah 1.5000 ml/menit. Kecepatan aliran larutan yang terlalu besar menyebabkan larutan penyerap dengan cepat jatuh ke saluran keluar larutan penyerap sehingga waktu kontak yang lebih singkat dan proses penyerapan yang kurang optimal [4].

Penelitian Gantina dkk, 2020 [5] yaitu *Aspen Plus Simulation Model for Biogas CO<sub>2</sub> Reduction with Low Pressure Water Scrubbing* menunjukkan Semakin besar jumlah scrubber kolom panggung, semakin kecil proporsi kehilangan CH<sub>4</sub>. Jumlah kolom scrubber tahap terbaik dirancang sebanyak 5 dengan operasi optimal pada tekanan kolom scrubber 1,4 atm dengan rasio L/G 10,5 dengan produksi biogas murni mencapai 96,7% volume CH<sub>4</sub>.

Penelitian Abu Seman dan Harun, 2019 [6] yaitu *Simulation of pressurized water scrubbing process for biogas purification using Aspen Plus* menunjukkan bahwa pengaruh tekanan kolom penyerap dan rasio cairan terhadap gas (L/G) berpengaruh nyata terhadap kemurnian biometana dan persentase penyisihan karbon dioksida. Peningkatan tekanan kolom absorber hingga 10 bar meningkatkan kelarutan CO<sub>2</sub> dalam air dan pemurnian biometana.

Tugas akhir Dwinanda, 2017 [7] yaitu *Perancangan Wet Scrubber Sebagai Unit Pengurang Kadar H<sub>2</sub>S Pada Produksi Biogas Di PT Enero Mojokerto* menunjukkan bahwa Kadar H<sub>2</sub>S yang berubah akibat fluktuasi laju biogas bisa diatasi yaitu dengan menyesuaikan laju air minimum, semakin besar laju biogas, laju air minimum yang diperlukan semakin besar, dimana diperlukan laju air sebesar 130,13 m<sup>3</sup> /jam untuk mengatasi fluktuasi laju biogas terendah yaitu sebesar 150 m<sup>3</sup> /jam dan laju air sebesar 232,37 m<sup>3</sup> /jam untuk mengatasi fluktuasi laju biogas tertinggi yaitu sebesar 250 m<sup>3</sup> /jam.

Berdasarkan hasil penelitian – penelitian tersebut usaha yang dilakukan untuk menghilangkan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dilakukan menggunakan proses *wet scrubber* dengan hasil yang berbeda-beda. Maka pada penelitian ini proses pemurnian biogas yang berasal dari Limbah cair pabrik kelapa sawit (POME) menjadi biometana menggunakan absorber untuk menghilangkan kadar gas CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S yang dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran menggunakan *software Aspen Hysys V.10*.

## Tinjauan Pustaka

Negara Indonesia saat ini mengalami perkembangan pesat dalam industri perkebunan kelapa sawit. Pada tahun 2021, menurut Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian RI, luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia tiap tahun terus bertambah dan diprediksi mencapai 15.081.021 hektar dengan total produksi minyak mentah sawit atau crude palm oil (CPO) sebesar 49.710.345 ton. Sedangkan luas perkebunan kelapa sawit di Provinsi Sumatera Utara sekitar 7.944.520 hektar dengan produksi

diprediksi tandan buah segar (TBS) sebanyak 26.186.876 ton. Setiap pengolahan 1 ton TBS akan menghasilkan limbah padat berupa tandan kosong sawit (TKS) sebanyak 200-250 kg dan limbah cair pabrik kelapa sawit atau palm oil mill effluent (POME) sebanyak 650 liter.

*Palm Oil Mill Effluent (POME)* atau limbah cair pabrik kelapa sawit adalah salah satu produk samping dari pabrik minyak kelapa sawit. Palm Oil Mill Effluent. Limbah air ini berasal dari air kondensasi proses sterilisasi sekitar 15-20%, air proses klarifikasi & sentrifugasi sekitar 40-50%, dan air dari *claybat/hydroclone* sekitar 9-11%. POME mengandung berbagai senyawa terlarut termasuk, serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral [8].

Biogas merupakan gas campuran metana ( $\text{CH}_4$ ), karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas lainnya yang didapat dari hasil penguraian bahan organik (seperti kotoran hewan, kotoran manusia, dan tumbuhan) oleh bakteri metanogen. Untuk menghasilkan biogas, bahan organik yang dibutuhkan, ditampung dalam biodigester. Proses penguraian bahan organik terjadi secara anaerob (tanpa oksigen). Biogas terbentuk pada hari ke 4-5 sesudah biodigester terisi penuh dan mencapai puncak pada hari ke 20-25. Biogas yang dihasilkan sebagian besar terdiri dari 50-70% metana ( $\text{CH}_4$ ), 30-40% karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan gas lainnya dalam jumlah kecil [9].

Biogas dihasilkan apabila bahan-bahan organik terurai menjadi senyawa-senyawa pembentuknya dalam keadaan tanpa oksigen (anaerob). Fermentasi anaerobik ini biasa terjadi secara alami di tanah yang basah, seperti dasar danau dan di dalam tanah pada kedalaman tertentu. Proses fermentasi adalah penguraian bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme. Fermentasi anaerob dapat menghasilkan gas yang mengandung sedikitnya 50% metana. Gas inilah yang biasa disebut dengan biogas. Biogas dapat dihasilkan dari fermentasi sampah organik seperti sampah pasar, daun daunan, dan kotoran hewan yang berasal dari sapi, babi, kambing, kuda, atau yang lainnya, bahkan kotoran manusia sekalipun. Gas yang dihasilkan memiliki komposisi yang berbeda tergantung dari jenis hewan yang menghasilkannya [10].

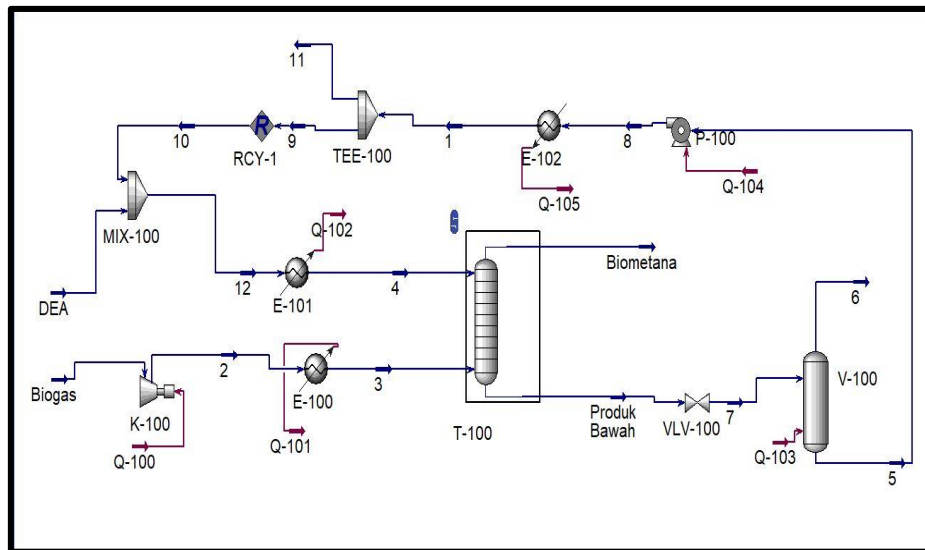
Panas pembakaran dari suatu bahan bakar adalah panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan dalam kalori meter dan dinyatakan dalam kal/kg atau Btu/lb. Panas pembakaran dari bahan bakar bisa dinyatakan dalam *High Heating Value (HHV)* dan *Lower Heating Value (LHV)*. *High Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar yang di dalamnya masih termasuk *latent heat* dari uap air hasil pembakaran. *Low Heating Value* merupakan panas pembakaran dari bahan bakar setelah dikurangi *latent heat* dari uap air hasil pembakaran. Nilai kalor pembakaran yang terdapat pada biogas berupa *High Heating Value (HHV)* dan *Lower Heating Value (LHV)*. Nilai kalor (*heating value*) biogas rata-rata sekitar antara 4700 - 6000 kkal (20 - 24 MJ/m<sup>3</sup>). Pembangkit listrik tenaga biogas tersebut dapat digunakan untuk mengganti sebagian kebutuhan energi pabrik kelapa sawit [11].

## Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan biogas menggunakan aplikasi *aspen hysys V.10* dari data plant biogas PT.Ukindo Blankahan Oil Mill yang menghasilkan laju alir 7038 kg/jam dengan suhu 60 °C dan tekanan 5 atm. Biogas yang diperoleh merupakan hasil penguraian anaerobik dari *Palm Oil Mill Effluent (POME)* yang merupakan limbah cair kelapa sawit. Pengolahan POME menghasilkan biogas dengan komposisi yang dihasilkan 57,50%  $\text{CH}_4$ , 37,07%  $\text{CO}_2$ , 0,48%  $\text{O}_2$ , dan 495 ppm  $\text{H}_2\text{S}$ . Simulasi pemurnian biogas ini kemudian dilanjutkan dengan penambahan alat yang akan digunakan untuk simulasi yaitu *Absorber Packed Column* yang dilengkapi dengan *packed* jenis *pall ring* dengan material plastik dan ukuran *packed* 3,5 inchi. Kemudian alat bantu yang digunakan berupa *Compressor, Pump, Cooler, Heater*, dan *Valve*. Dilanjutkan dengan persiapan *solvent* dietanolamin sebagai penyerap impuritis

yang terdapat didalam biogas dengan rentang 25%, 30%, dan 35% terhadap air. Keuntungan proses ini adalah kemurnian dan yield pada biogas tinggi, namun solven bersifat korosif dan butuh panas yang banyak saat regenerasi.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan persamaan aktivitas persamaan keadaan termodinamika *Gas Acid – Chemical Solvents* untuk karakteristik fasa uap. Persamaan termodinamika ini dilaporkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk absorpsi  $\text{CO}_2$  dengan dietanolamin di rentang tekanan yang dievaluasi. Beberapa asumsi yang diambil dalam pemodelan dalam unit operasi absorber memvariasikan suhu dan tekanan. Adapun suhu divariasikan dengan 30 °C, 35 °C, 40 °C, dan 45 °C, serta tekanan yang divariasikan dengan 10 bar, 20 bar, 30 bar. Pemodelan simulasi dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Flowsheet Pemurnian Biogas

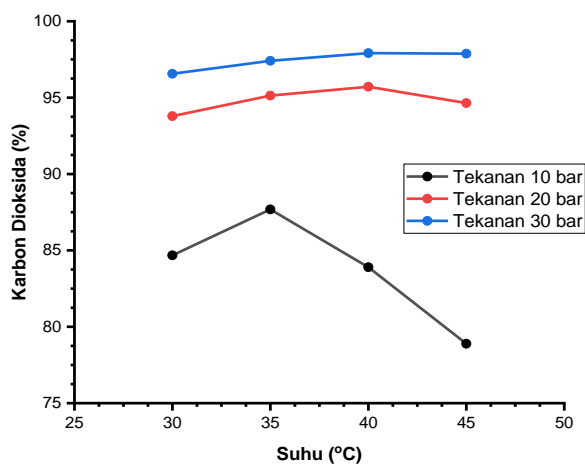
## Hasil dan Pembahasan

Simulasi dan analisa pemurnian biogas dari *bioreactor* menjadi biometana dengan menggunakan *absorber packed column* dengan pelarut diethanolamina dilakukan variasi suhu, tekanan dan komposisi dietanolamin dengan air. Penelitian ini dilakukan dengan memsimulasikan pemurnian biogas pada plant biogas PT.Ukindo Blankahan Oil Mill dengan menggunakan Aspen Hysys V.10 dengan menggunakan *Absorber Packed Column* dalam menyerap impurities  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CO}_2$  pada biogas. Biogas yang diperoleh merupakan hasil penguraian anaerobik dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang merupakan limbah pabrik kelapa sawit.

Biogas yang dihasilkan masih mengandung beberapa impurities diantaranya karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang harus dihilangkan. Kandungan beberapa impurities pada biogas harus dikurangi karena dapat merugikan biogas. Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) bisa mengurangi nilai kalor pembakaran sedangkan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran. Karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) memiliki kelarutan tinggi terhadap air ketimbang metana ( $\text{CH}_4$ ). Dimana kelarutan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dalam diethanolamina 0,7-1 mol/mol dea.

**Pengaruh Variasi Temperatur, Tekanan dan Kompisisi Dietanolamin Terhadap Penyerapan  $\text{CO}_2$  pada Larutan DEA.** Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur operasi yang masuk pada *absorber packed column*. Suhu operasi divariasikan pada nilai 30 °C sampai 45 °C dengan penambahan setiap 5 °C. Tekanan operasi divariasikan pada nilai 10 bar sampai 30 bar dengan penambahan setiap 10

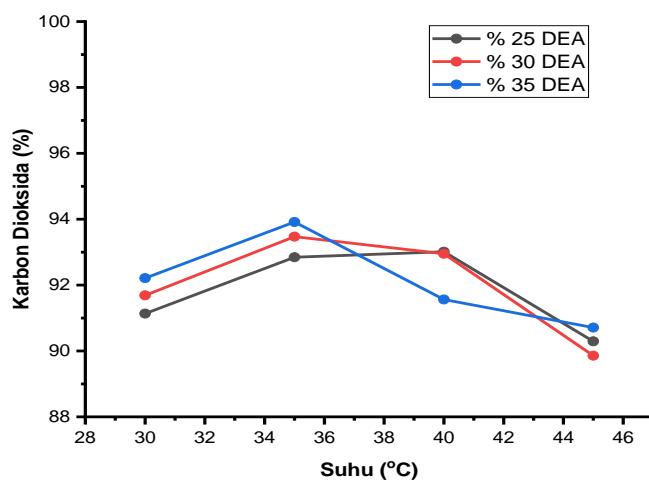
bar. Komposisi diethanolamine divariasikan 25% sampai 35% dengan penambahan 5%. Hasil variasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan gambar 2.



Gambar 2. Grafik variasi tekanan dan suhu terhadap penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada larutan Diethanolamina

Gambar 2 menunjukkan pengaruh suhu dan tekanan terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>. menjelaskan bahwa semakin tinggi tekanan maka gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang terkandung pada biogas semakin kecil. Biogas yang awalnya mengandung gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) 59,28 kgmol/jam berkurang menjadi 9,08 kgmol/jam pada tekanan 10 bar dengan temperatur 30 °C. Pengurangan kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) lebih besar jika tekanan ditingkatkan menjadi 30 bar pada suhu 45°C, yaitu berkurang menjadi 1,26 kgmol/jam. Maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya tekanan pada absorber packed column dapat mengurangi kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada biogas.

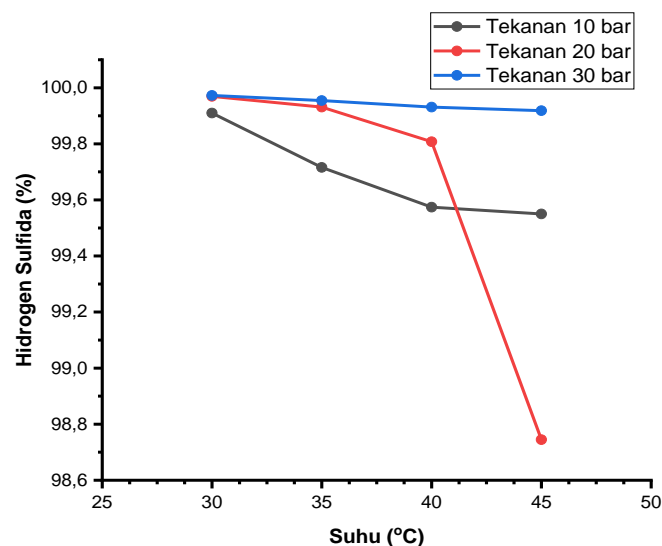
Pada tekanan 10 bar penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan semakin meningkat dari temperatur 30 °C sampai 35 °C dan mengalami penurunan dari temperatur 40 °C sampai 45 °C. Sedangkan, Pada tekanan 20 bar dan 30 bar penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) akan semakin meningkat dengan kenaikan temperatur pada *absorber packed column*. Maka dapat disimpulkan bahwa batasan temperatur pada tekanan 10 bar yang diperbolehkan adalah hanya sampai 35 °C.



Gambar 2. Grafik variasi komposisi diethanolamina dan suhu terhadap Penyerapan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) pada larutan Diethanolamina

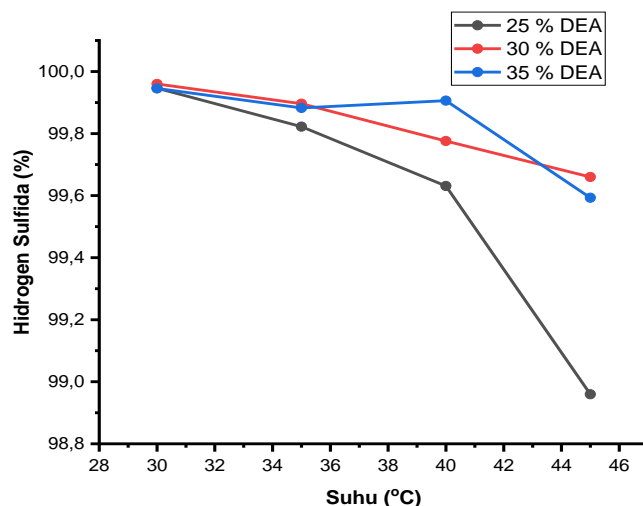
Gambar 2 menjelaskan bahwa semakin besar komposisi diethanolamina yang digunakan maka penyerapan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terkandung pada biogas semakin besar. Biogas yang awalnya mengandung gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 59,28 kgmol/jam berkurang menjadi 5,26 kgmol/jam pada komposisi DEA 25% dengan temperatur 30 °C. Pengurangan kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) lebih besar jika komposisi DEA ditingkatkan menjadi 35% pada suhu 35°C, yaitu berkurang menjadi 3,61 kgmol/jam. Maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya komposisi DEA dapat lebih banyak menyerap kandungan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) pada biogas. Pada komposisi DEA 25%, 30%, dan 35% penyerapan karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) akan semakin meningkat dari temperatur 30 °C sampai 35 °C dan mengalami penurunan dari temperatur 40 °C sampai 45 °C. Maka dapat disimpulkan bahwa batasan temperatur pada komposisi DEA 25%, 30%, dan 35% yang diperbolehkan adalah hanya sampai 35 °C.

**Pengaruh Variasi Temperatur, Tekanan dan Komposisi Diethanolamine Terhadap Penyerapan  $\text{H}_2\text{S}$  pada Larutan Diethanolamine.** Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur operasi yang masuk pada absorber packed column. Suhu operasi divariasikan pada nilai 30 °C sampai 45 °C dengan penambahan setiap 5 °C. Tekanan operasi divariasikan pada nilai 10 bar sampai 30 bar dengan penambahan setiap 10 bar. Komposisi diethanolamine divariasikan 25% sampai 35% dengan penambahan 5%. Hasil variasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Grafik variasi tekanan dan suhu terhadap Penyerapan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) pada larutan Diethanolamina

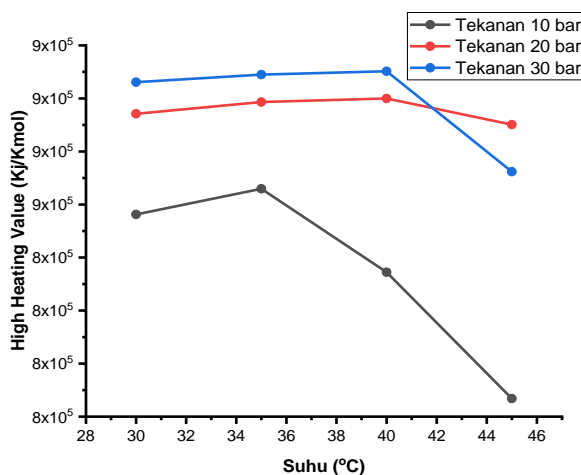
Gambar 3 menjelaskan bahwa semakin tinggi tekanan maka gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) yang terkandung pada biogas semakin kecil. Biogas yang awalnya mengandung gas hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 10,226 kgmol/jam berkurang menjadi 0,01 kgmol/jam pada tekanan 10 bar dengan temperatur 30 °C. Pengurangan kandungan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) lebih besar jika tekanan ditingkatkan menjadi 30 bar pada suhu 30°C, yaitu berkurang menjadi 0,003 kgmol/jam. Maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya tekanan pada absorber packed column dapat mengurangi kandungan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) pada biogas.



Gambar 4. Grafik variasi komposisi diethanolamina dan suhu terhadap Penyerapan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) pada larutan Diethanolamina

Gambar 4 menjelaskan bahwa semakin besar komposisi diethanolamina yang digunakan maka penyerapan gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) yang terkandung pada biogas semakin besar dan semakin tinggi temperatur maka penyerapan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) lebih sedikit. Biogas yang awalnya mengandung gas hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) 10,23 kgmol/jam berkurang menjadi 0,01 kgmol/jam pada komposisi DEA 25% dengan temperatur 30 °C. Pengurangan kandungan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) lebih besar pada komposisi DEA 30% pada suhu 30°C, yaitu berkurang menjadi 0 kgmol/jam. Maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya temperatur dapat lebih sedikit menyerap kandungan hidrogen sulfida ( $H_2S$ ) pada biogas.

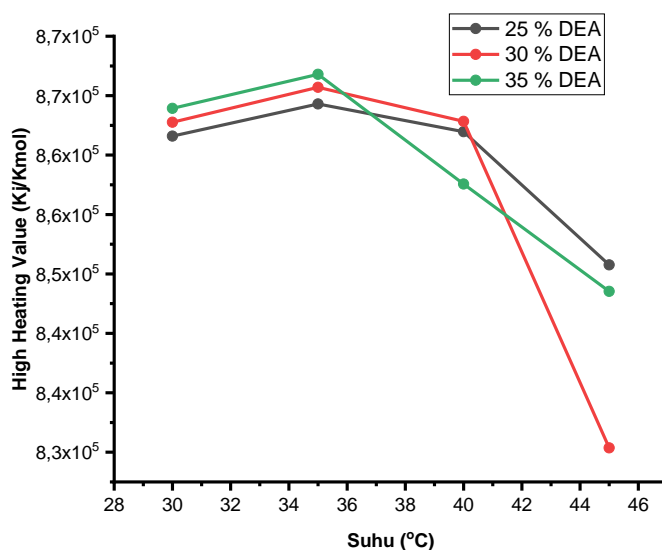
**Pengaruh Temperatur, Tekanan dan Komposisi Diethanolamine Terhadap Nilai High Heating Value  $CH_4$ .** Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur operasi yang masuk pada absorber packed column. Suhu operasi divariasikan pada nilai 30 °C sampai 45 °C dengan penambahan setiap 5 °C. Tekanan operasi divariasikan pada nilai 10 bar sampai 30 bar dengan penambahan setiap 10 bar. Komposisi diethanolamine divariasikan 25% sampai 35% dengan penambahan 5%. Hasil variasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik variasi komposisi diethanolamina dan suhu terhadap nilai High Heating Value (HHV) pada biogas setelah dimurnikan

Gambar 5 menjelaskan bahwa semakin tinggi tekanan maka nilai *High Heating Value* (HHV) yang terkandung pada biometana setelah dimurnikan semakin besar. Pada tekanan 10 bar dengan temperatur 30 °C nilai *High Heating Value* (HHV) adalah 846100 kJ/kgmol dengan kemurnian Metana yang dihasilkan adalah 95,63%. Nilai *High Heating Value* (HHV) lebih besar jika tekanan ditingkatkan menjadi 30 bar pada suhu 40°C yaitu 875133 kJ/kgmol dengan kemurnian 98,92%. Maka dapat disimpulkan dengan meningkatnya tekanan pada absorber packed column maka nilai *High Heating Value* (HHV) pada biometana semakin besar.

Pada tekanan 10 bar nilai *High Heating Value* (HHV) akan semakin meningkat dari temperatur 30 °C sampai 35 °C dan mengalami penurunan dari temperatur 40 °C sampai 45 °C. Sedangkan, Pada tekanan 20 bar dan 30 bar nilai *High Heating Value* (HHV) akan semakin meningkat dari temperatur 30 °C sampai 40 °C dan mengalami penurunan pada temperatur 45 °C. Maka dapat disimpulkan bahwa batasan temperatur pada tekanan 10 bar yang diperbolehkan adalah hanya sampai 35 °C. Sedangkan, batasan temperatur pada tekanan 20 bar dan 30 bar yang diperbolehkan adalah hanya sampai 40 °C.



Gambar 6. Grafik variasi komposisi DEA dan suhu terhadap nilai *High Heating Value* (HHV) pada biogas setelah dimurnikan

Gambar 6 menjelaskan bahwa semakin besar komposisi diethanolamina maka nilai *High Heating Value* (HHV) yang terkandung pada biometana setelah dimurnikan semakin besar. Pada komposisi DEA 25% dengan temperatur 30 °C nilai *High Heating Value* (HHV) adalah 861600 kJ/kgmol dengan kemurnian Metana yang dihasilkan adalah 97%. Nilai *High Heating Value* (HHV) lebih besar pada komposisi DEA 35% pada suhu 35°C yaitu 866800 kJ/kgmol dengan kemurnian 97,97%. Maka dapat disimpulkan semakin besar komposisi DEA yang masuk pada absorber packed column maka nilai *High Heating Value* (HHV) pada biometana semakin besar. Pada komposisi DEA 25%, 30%, dan 35% nilai *High Heating Value* (HHV) akan semakin meningkat dari temperatur 30 °C sampai 35 °C dan mengalami penurunan dari temperatur 40 °C sampai 45 °C. Maka dapat disimpulkan bahwa batasan temperatur pada komposisi DEA 25%, 30%, 35% yang diperbolehkan adalah hanya sampai 35 °C.



## Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut :

1. Pemurnian biogas menggunakan larutan diethanolamina pada absorber packed column dapat meningkatkan kandungan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) pada biogas diikuti dengan meningkatkan tekanan, suhu dan komposisi diethanolamina yang digunakan.
2. Nilai HHV (*High Heating Value*) biogas meningkat dengan bertambahnya komposisi dari gas metana pada biogas karena di dalam biogas, gas yang terkandung paling banyak adalah gas metana. Bertambahnya komposisi dari gas metana pada biogas diikuti dengan meningkatnya tekanan, suhu dan diethanolamina yang digunakan pada absorber packed column. Sehingga, nilai HHV (*High Heating Value*) biogas dapat meningkat yang diikuti dengan meningkatnya debit air yang digunakan pada absorber packed column.
3. Nilai HHV (*High Heating Value*) yang paling tinggi diperoleh sebesar 53940 kJ/kg dengan kemurnian gas metana 98,98%

## Daftar Pustaka

- [1] A. Pertiwiningrum, *Instalasi Biogas*. Yogyakarta: Cv. Kolom Cetak, 2015.
- [2] E. Purba and C. Nia Rehmalem Barutu, "2021 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik," *Univ. Lampung Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro Telp*, vol. 10, no. 1, p. 701609, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- [3] Y. Y. Choong, K. W. Chou, and I. Norli, "Strategies for improving biogas production of palm oil mill effluent (POME) anaerobic digestion: A critical review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. January, pp. 2993–3006, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.10.036.
- [4] A. M. Wicaksono, J. Hermana, and A. Slamet, "Reducing  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{S}$  Gas in Biogas Using Wet Scrubber Method with  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  Solution," *11th Int. Conf. Adv. Agric. Biol. Civ. Environ. Sci.*, pp. 67–71, 2018, [Online]. Available: <https://doi.org/10.15242/DIRPUB.DIR0118220>.
- [5] T. M. Gantina, T. Sasono, and I. Sumitra, "Aspen Plus Simulation Model for Biogas  $\text{CO}_2$  Reduction with Low Pressure Water Scrubbing," vol. 198, no. Issat, pp. 77–81, 2020, doi: 10.2991/aer.k.201221.015.
- [6] N. Abu Seman and N. Harun, "Simulation of pressurized water scrubbing process for biogas purification using Aspen Plus," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 702, no. 1, pp. 0–6, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/702/1/012040.
- [7] V. C. Dwinanda, "Perancangan Wet Scrubber Sebagai Unit Pengurang Kadar  $\text{H}_2\text{S}$  Pada Produksi Biogas Di Pt Eneo Mojokerto Design of Wet Scrubber As  $\text{H}_2\text{S}$  Content Reductor Unit in Biogas Production At Pt," 2017.
- [8] A. Raksajati, T. P. Adhi, and D. Ariono, "Pengaruh Tekanan Dan Tahap Kompresi Dalam Pemurnian Biogas Menjadi Biometana Dengan Absorpsi  $\text{CO}_2$  Menggunakan Air Bertekanan," *Indo. J. Chem. Res.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–5, 2020, doi: 10.30598/10.30598/ijcr.2020.8-ang.
- [9] A. Nurdin, E. R. Finalis, A. Arfiana, F. Fausiah, and E. W. Tjahjono, "Pengembangan Desain Sistem Proses Pemurnian Biogas Berbasis Palm Oil Mill Effluent (Pome)," *Maj. Ilm. Pengkaj. Ind.*, vol. 13, no. 2, pp. 103–110, 2019, doi: 10.29122/mipi.v13i2.3294.

- [10] M. Firdausi, "Potensi POME Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di Kabupaten Tanjung Jabung Barat," *J. Presisi*, vol. 22, no. 1, pp. 1–6, 2020.
- [11] S. Abanades *et al.*, "A conceptual review of sustainable electrical power generation from biogas," *Energy Sci. Eng.*, vol. 10, no. 2, pp. 630–655, 2022, doi: 10.1002/ese3.1030.