



**Chemical Engineering
Journal Storage**

homepage jurnal:
<https://ojs.unimal.ac.id/cejs/index>

**Chemical
Engineering
Journal
Storage**

PEMURNIAN BIOGAS MENGGUNAKAN *ABSORBER PACKED COLUMN* DALAM MENYERAP *IMPURITIES CO₂* DAN *H₂S* DENGAN SIMULASI ASPEN HYSYS V.10

Amanda Fitria, Nasrul ZA, Novi Sylvia*, Ishak, Lukman Hakim

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh
Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355
Korespondensi: HP: 0852-6004-6742, e-mail: 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. Penelitian ini bertujuan untuk menghilangkan kandungan impurities biogas yaitu gas karbon dioksida (CO₂) dan hidrogen sulfida (H₂S) sehingga dapat menghasilkan gas metana (CH₄) dengan kemurnian yang tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemurniaan biogas menggunakan absorber packed column pada Aspen Hysys V.10 dengan bervariasi debit air yg masuk pada absorber packed column serta komposisi awal pada biogas. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pemurnian biogas menggunakan air pada absorber packed column dapat meningkatkan kemurnian gas metana (CH₄) pada biogas yang diikuti dengan meningkatkan debit air yang digunakan. Namun air yang digunakan sebagai pemurnian biogas juga dapat mengurangi kandungan gas karbon dioksida (CO₂) dan gas hidrogen sulfida (H₂S) dalam biogas karena kedua gas tersebut memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gas metana (CH₄). Dimana kelarutan karbondioksida (CO₂) dalam air 1,45 g/L dan kelarutan hidrogen sulfida (H₂S) dalam air 4 g/L lebih tinggi ketimbang kelarutan metana (CH₄) dalam air yaitu 0,035 g/L. Nilai HHV (High Heating Value) biogas meningkat dengan meningkatnya kemurnian 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 debit air yang digunakan pada absorber packed column. Sehingga, nilai HHV (High Heating Value) biogas dapat meningkat yang diikuti dengan meningkatnya kemurnian dari gas metana pada biogas.

Kata kunci: *Absorber Packed Column, Karbon Dioksida, Pemurnian Biogas.*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan produksi minyak kelapa sawit sebesar 48 juta ton pada tahun 2020. Estimasi Sementara ditahun 2021 mengalami peningkatan pada produksi minyak kelapa sawit sebesar 50 juta ton. (Ditjen Perkebunan Kementerian Pertanian RI, 2021). Produksi minyak sawit ini tentunya diikuti dengan tingginya produksi limbah yang merupakan hasil/produk samping. Adapun limbah yang dihasilkan yaitu tandan kosong, cangkang, pelepah, fiber, dan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) (Nurdin et al., 2019). Potensi sumber daya POME ini akan menimbulkan masalah pencemaran bagi lingkungan sekitarnya karena karena dapat berakibat buruk terhadap lingkungan karena memiliki kandungan gas rumah kaca yang cukup tinggi, yang berkontribusi terhadap pemanasan global (Munirah et al., 2018).

Saat ini, salah satu jalur pengelolaan POME di PKS adalah dengan mengolah POME menjadi biogas. Pengolahan POME menjadi biogas dianggap merupakan metode penanganan POME yang menguntungkan karena selain dapat mengatasi masalah limbah tetapi juga mampu menghasilkan sumber energi. Oleh sebab itu metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan (Choong et al., 2018). Proses pengolahan POME akan menghasilkan biogas dengan kandungan utama metana (CH_4) 50-75%, karbon dioksida (CO_2), dan sedikit kandungan gas lainnya seperti H_2S , H_2 , N_2 , dan uap air (Nurdin et al., 2019). Dari komposisi biogas tersebut, gas metana (CH_4) saja yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Sedangkan kandungan gas lain seperti karbon dioksida (CO_2), Hidrogen Sulfida (H_2S), H_2 , N_2 , dan uap air harus dihilangkan karena dapat merugikan biogas. Gas karbondioksida (CO_2) bisa mengurangi nilai kalor pembakaran dan gas hidrogen sulfida (H_2S) dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran.

Salah satu sarana yang digunakan untuk melakukan peningkatan gas metana pada biogas adalah dengan melakukan filterisasi. Banyak metode dalam meningkatkan kandungan dari gas metana diantaranya *wet scrubber*, Adsorber, penyerapan kimia, pressure swing absorbtion (PSA), membran, biofilter, dan

cyrogenic separation. Dari berbagai macam metode tersebut teknologi proses yang potensial untuk diterapkan dalam memurnikan biogas menjadi biometana adalah Absorber Packed Column yaitu Absorpsi CO₂ dan H₂S dengan air . Teknologi ini relatif sederhana dan ekonomis dibandingkan teknologi pemisahan CO₂ lainnya dan hanya membutuhkan air proses sebagai fluida kerja (Olugasa dkk, 2014), Gas CO₂ dan H₂S memiliki kelarutan tinggi terhadap air ketimbang metana. Dengan biaya investasi yang murah serta hasil peningkatan gas metana bisa mencapai 97 % sehingga cocok untuk diaplikasikan di daerah rural atau perkebunan sawit, dibandingkan senyawa pelarut absorpsi CO₂ lainnya seperti alkanolamina dan alkali karbonat (Raksajati dkk., 2018).

Perlunya kajian mengenai proses pemurnian biogas dengan absorber dalam menentukan debit air optimum pada *absorber packed column* ini. Supaya diketahui tingkatan kemurnian metana yang dapat dilakukan dengan *absorber*. Simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *absorber* pada aplikasi Aspen Hysys yang diharapkan mampu menghilangkan kandungan H₂S dan CO₂ pada biogas sehingga menghasilkan biometana dengan kemurnian yang tinggi.

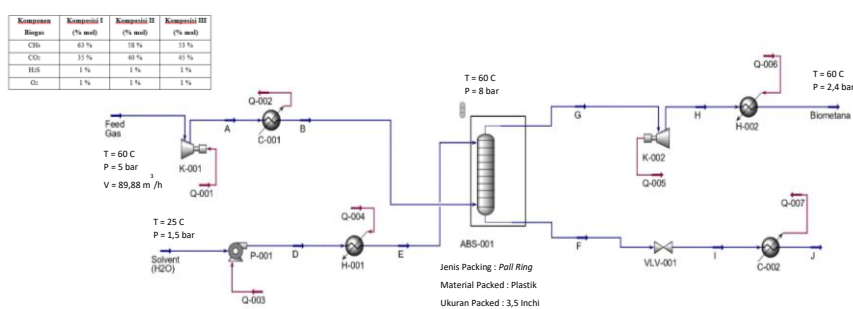
2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan dengan mensimulasikan pemurnian biogas pada plant biogas PT.Ukindo Blankahan Oil Mill dengan menggunakan Aspen Hysys V.10 dengan menggunakan *Absorber Packed Column* dalam menyerap impurities H₂S dan CO₂ pada biogas. Biogas yang diperoleh merupakan hasil penguraian anaerobik dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang merupakan limbah pabrik kelapa sawit. Proses pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) akan menghasilkan biogas dengan komposisi awal yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Awal Biogas Dalam Porsen Mol

Komponen	Komposisi I	Komposisi II	Komposisi III
CH ₄	63 %	58 %	53 %
CO ₂	35 %	40 %	45 %
H ₂ S	1 %	1 %	1 %
O ₂	1 %	1 %	1 %

Simulasi pemurnian biogas ini terdiri dari pengimputan komponen-komponen yang terdapat dalam proses yaitu Metana (CH_4), Karbon dioksida (CO_2), Hidrogen sulfida (H_2S), Oksigen (O_2), dan Air (H_2O) dan penentuan *property methode* Peng-Robinson. Menurut (Chunseng dkk., 2014) Persamaan termodinamika ini dilaporkan memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk absorpsi CO_2 dengan air di rentang tekanan yang dievaluasi. Kemudian dilanjutkan dengan penambahan alat yang akan digunakan untuk simulasi yaitu *Absorber packed column* dan alat bantu yang berupa *Compressor, Pump, Cooler, Heater, dan Valve*. Dilanjutkan dengan persiapan *solvent* absorber packed column (H_2O) dan *input* data kondisi operasi alat dan kondisi bahan baku yang digunakan untuk proses simulasi. Pada Absorber dilengkapi dengan Packed Column jenis Jenis Packing *Pall Ring*, Material Packed Plastik dan Ukuran Packed 3,5 Inchi. Tahapan terakhir yaitu berupa tahap iterasi *error*. Setelah iterasi selesai maka hasil simulasi sudah dapat diinterpretasikan ke dalam tabel pada *result summary*. Model simulasi digambarkan menggunakan perangkat lunak Aspen Hysys V.10, dimana pemodelannya dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Pemodelan Simulasi

Asumsi dan basis

Beberapa asumsi yang diambil dalam pemodelan unit operasi antara lain:

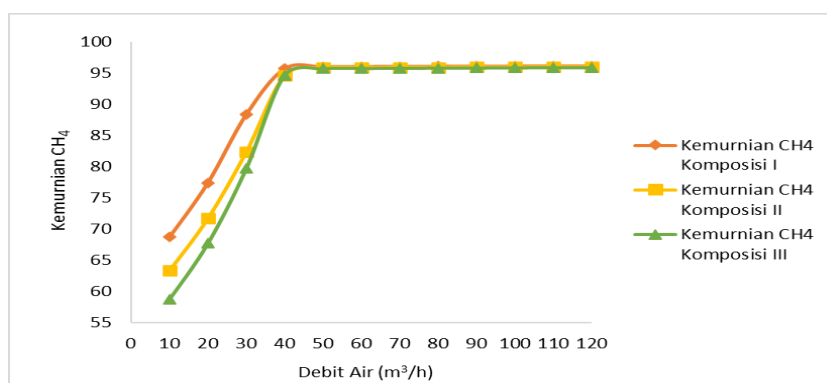
- Hilang tekan di pipa dan fitting diabaikan
- Pressure drop alat penukar panas diasumsikan bernilai 10 bar.
- Efisiensi pompa, kompresor, dan blower bernilai 75%.
- Diameter absorber diperoleh dari hasil simulasi Aspen HYSYS V10
- Sistem utilitas dan pendukung pabrik lainnya tidak dievaluasi dengan detail.

3. Hasil dan Diskusi

Penelitian ini dilakukan dengan mesimulasikan pemurnian biogas menggunakan Aspen Hysys V.10 dengan menggunakan *Absorber Packed Column* dalam menyerap impurities H_2S dan CO_2 pada biogas. Biogas yang diperoleh merupakan hasil penguraian anaerobik dari *Palm Oil Mill Effluent* (POME) yang merupakan limbah pabrik kelapa sawit. Pada Absorber dilengkapi dengan Packed Column jenis Jenis Packing *Pall Ring*, Material Packed Plastik dan Ukuran Packed 3,5 Inchi.

Penggunaan jenis packing *Pall Ring* dikarenakan jenis packing tersebut memiliki cukup banyak laluan untuk kedua arus sehingga terjadinya kontak yang memuaskan antara zat cair dan gas. Menurut (Junety Monde, 2018) keuntungan dari packing *Pall Ring* yaitu kapasitas lebih tinggi, pressure drop rendah, distribusi cairan baik dan Memberikan luas permukaan bidang kontak yang besar tiap satuan volume. Material packed yang digunakan adalah plastik dikarenakan material tersebut sesuai dengan kondisi temperatur yang digunakan pada absorber packed column. Disamping itu material plastik juga memiliki beberapa keuntungan diantaranya tidak bersifat korosif, *Bulk density* rendah, ringan, kuat dan tidak mudah pecah serta murah dan mudah diperoleh.

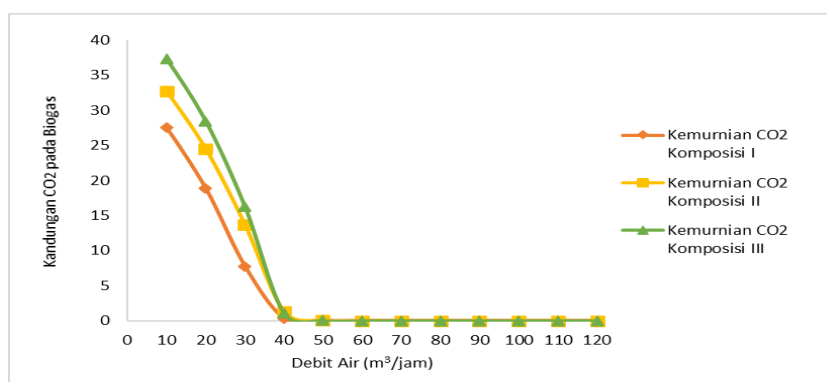
3.1 Pengaruh variasi debit air H_2O (m^3/jam) terhadap kemurnian *biometana* (CH_4) yang dihasilkan pada pemurnian biogas komposisi I, II, dan III.



Gambar 3.1 Grafik pengaruh variasi debit air H_2O (m^3/jam) terhadap kemurnian *biometana* (CH_4) yang dihasilkan pada pemurnian biogas komposisi I, II, dan III.

Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa kemurnian metana terus meningkat dari variasi debit air 10 m³/jam sampai 40 m³/jam dan di variasi debit air 40 m³/jam sampai 120 m³/jam kemurnian metana yang dihasilkan tidak mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena kandungan impurities pada biogas sudah mulai habis terserap sehingga kemurnian metana sudah mencapai kemurnian tinggi yaitu 95 %. Pada Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa pemurnian biogas menggunakan air pada absorber packed column dapat meningkatkan kemurnian gas metana pada biogas diikuti dengan meningkatkan debit air yang digunakan pada absorber packed column.

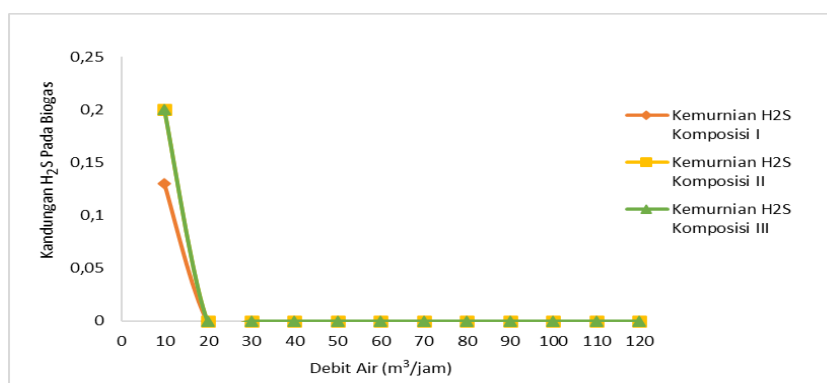
3.2 Pengaruh variasi debit air H₂O (m³/jam) terhadap penyerapan *Impurities* karbondioksida (CO₂) dan hidrogen sulfida (H₂S) pada biogas menggunakan *absorber packed column* pada komposisi biogas I, II, dan III.



Gambar 3.2 Grafik pengaruh variasi debit air H₂O (m³/jam) terhadap penyerapan *Impurities* karbondioksida (CO₂) pada biogas menggunakan *absorber packed column* pada komposisi biogas I, II, dan III.

Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa kandungan CO₂ pada biogas terus menurun dari variasi debit air 10 m³/jam sampai 40 m³/jam dan di variasi debit air 40 m³/jam sampai 120 m³/jam kandungan CO₂ pada biogas tidak mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena kandungan CO₂ pada biogas sudah mulai habis terserap. Pada Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya debit air pada absorber packed column dapat mengurangi kandungan *impurities* gas karbon dioksida (CO₂) pada biogas. Pengurangan

tersebut terjadi karena gas karbon dioksida (CO_2) pada biogas terlarut pada air dialirkan pada absorber packed column. Kandungan Karbondioksida (CO_2) pada biogas harus dihilangkan karena bisa mengurangi nilai kalor pembakaran. Hal yang sama juga terjadi pada kandungan *impurities* gas hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas yang dapat dilihat pada Gambar 4.3



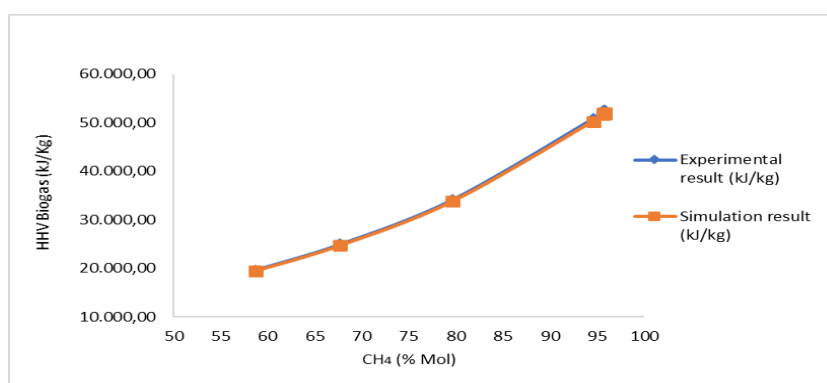
Gambar 3.3 Grafik pengaruh variasi debit air H_2O (m^3/jam) terhadap penyerapan *Impurities* hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas menggunakan *absorber packed column* pada komposisi biogas I, II, dan III.

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa kandungan hidrogen sulfida (H_2S) dalam biogas terus menurun dari variasi debit air $10 \text{ m}^3/\text{jam}$ sampai $20 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan di variasi debit air $30 \text{ m}^3/\text{jam}$ sampai $120 \text{ m}^3/\text{jam}$ kandungan hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas tidak mengalami penurunan yang signifikan. Hal ini disebabkan karena kandungan hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas sudah mulai habis terserap. Kandungan hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas mudah terserap dikarenakan kandungan hidrogen sulfida (H_2S) biogas awal hanya sebesar 1 %. Pada Gambar 3.3 menunjukkan bahwa dengan meningkatnya debit air pada absorber packed column dapat mengurangi kandungan *impurities* gas hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas. Pengurangan tersebut terjadi karena gas hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas terlarut pada air dialirkan pada absorber packed column. Kandungan Hidrogen sulfida (H_2S) pada biogas harus dihilangkan karena Hidrogen sulfida (H_2S) dapat menyebabkan korosi pada ruang pembakaran.

Pada Gambar 3.1, 3.2, dan 3.3 dapat dilihat bahwa pemurnian biogas menggunakan air pada absorber packed column dapat meningkatkan kemurnian

gas metana pada biogas diikuti dengan meningkatkan debit air yang digunakan. Namun air yang digunakan sebagai pemurnian biogas juga dapat mengurangi kandungan gas karbon dioksida (CO_2) dan gas hidrogen sulfida (H_2S) dalam biogas karena kedua gas tersebut memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gas metana (CH_4). Dimana kelarutan karbondioksida (CO_2) dalam air 1,45 g/L dan kelarutan hidrogen sulfida (H_2S) dalam air 4 g/L lebih tinggi ketimbang kelarutan metana (CH_4) dalam air yaitu 0,035 g/L.

3.3. Pengaruh Kemurnian *Biometana* (CH_4) Terhadap Nilai HHV (*High Heating Value*) *Biometana* (CH_4) yang dihasilkan pemurnian biogas pada komposisi I, II, dan III.



Gambar 3.4 Pengaruh Kemurnian *Biometana* (CH_4) Terhadap Nilai HHV (*High Heating Value*) *Biometana* (CH_4) yang dihasilkan pemurnian biogas pada komposisi III

Pada Gambar 3.4 dapat dilihat bahwa perbandingan nilai HHV (*High Heating Value*) *biometana* (CH_4) hasil perhitungan manual dan simulasi memiliki hasil yang tidak jauh berbeda. Hasil perhitungan yang tidak jauh berbeda ini dikarenakan pada tahapan-tahapan perhitungan manual terjadi banyaknya pembulatan pada setiap tahapan perhitungannya dibandingkan simulasi yang pembulatangannya hanya diakhir perhitungan simulasinya. Hal inilah yang menyebabkan nilai HHV (*High Heating Value*) *biometana* (CH_4) hasil perhitungan manual dan simulasi memiliki hasil yang tidak jauh berbeda

Gambar 3.4 menunjukkan nilai HHV (*High Heating Value*) biogas yang dihasilkan pada simulasi pemurnian biogas meningkat dengan meningkatnya

kemurnian dari gas metana pada biogas. Hal ini disebabkan karena di dalam biogas gas yang terkandung paling banyak adalah gas metana. Meningkatnya kemurnian dari gas metana pada biogas diikuti dengan meningkatnya debit air yang digunakan pada absorber packed column. Sehingga, nilai HHV (*High Heating Value*) biogas meningkat diikuti dengan meningkatnya kemurnian dari gas metana pada biogas. Hal ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya oleh (Abdur Rozaq, 2016) dimana nilai HHV biogas terhadap komposisi gas metana pada biogas yang telah dipurifikasi meningkat. Nilai HHV biogas meningkat dengan meningkatnya kemurnian dari gas metana pada biogas. Karena di dalam biogas, gas yang terkandung paling banyak adalah gas metana

4. Simpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diambil adalah Pemurnian biogas menggunakan air pada absorber packed column dapat meningkatkan kemurnian gas metana (CH_4) pada biogas diikuti dengan meningkatkan debit air yang digunakan. Air yang digunakan sebagai pemurnian biogas juga dapat mengurangi kemurnian gas karbon dioksida (CO_2) dan gas hidrogen sulfida (H_2S) dalam biogas karena kedua gas tersebut memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan dengan gas metana (CH_4). Nilai HHV (*High Heating Value*) biogas meningkat diikuti dengan meningkatnya kemurnian dari gas metana (CH_4) pada biogas.

Berdasarkan penelitian ini beberapa saran yang dapat diberikan adalah Sebagai validasi data sebaiknya dilakukan eksperimen secara langsung sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan dengan kondisi di lapangan atau realnya. Desain absorber packed column yang digunakan tidak mempertimbangkan bahan pembuatan yang digunakan sehingga tidak bisa dilakukan variasi tekanan kerja yang digunakan.

5. Daftar Pustaka

1. Chunseng Zhang, Haijia Su, Jan Baeyens, Tianwei Tan, (2014). “Reviewing the Anaerobic Digestion of Food Waste for Biogas Production”, *Jurnal Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 338 : hal. 383-392.
2. Choong, Y. Y., Chou K. W., dan Norli, I. (2018). Strategies for Improving Biogas Production of Palm Oil Mill Effluent (POME) Anaerobic Digestion : A Critical Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82 : 2993–3006.
3. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian RI. (2021). *Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2019-2021*. Jakarta, Qld.: Kementerian Pertanian.
4. Munirah, M. Z., dan Abdul, R. M. (2018). An Overview on Conversation Technologies to Produce Value Added Products from CH₄ and CO₂ as Major Biogas Constituents. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 98 : 56 – 63
5. Nurdin, Ali., Finalis, Era. R., Arfiana., Fausiah., & Tjahjono, Endro W. (2019). Desain Sistem Proses Pemurnian Biogas Berbasis Palm Oil Mill Effluent (POME). *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 13(2), 103-110.
6. Olugasa.Temilola T, I.F.Odesola, M.O.Oyewola. (2014). Energy Production From Biogas:A Conceptual Review For Use In Nigeria. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 32, 770 – 776.
7. Raksajati, A., Adhi T.P., & Ariono, D. (2020). Pengaruh Tekanan Dan Tahap Kompresi Dalam Pemurnian Biogas Menjadi Biometana Dengan Absorpsi CO₂ Menggunakan Air Bertekanan. *Indo. J. Chem. Res.*, 8(1), 1-5, DOI: 10.30598/ijcr.2020.8-ang.