

Simulasi Aliran Daya Pada Pembangkitan PLTBG 1 MW Di Laboratorium Teknik Listrik Dengan Koneksi PLN Penyulang RA.01 Rantau Prapat Menggunakan Software Electric Transient And Analysis Program (Etap) 12.6.0

Kanthi Wahyuni, N.J. Thamrin, Rozlinda Dewi

Program Studi Teknik Listrik, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

Correspondence: kanthiwahyuni79@gmail.com, nj_thamrin@yahoo.co.id, rozlinda.dewi@unbari.ac.id

Abstrak. PT Pangkatan Indonesia adalah perusahaan perkebunan kelapa sawit yang beroperasi di Kabupaten Labuhanbatu Provinsi Sumatera Utara dengan wilayah kebun 7.134,8 ha dan telah membangun pabrik kelapa sawit dengan kapasitas terpasang 40 ton/jam. Limbah cair dari pabrik tersebut berpotensi sebagai sumber alternative bahan baku Pembangkit listrik Tenaga Biogas (PLTBg) yang juga merupakan pembangkit tersebar atau *Distributed Generation* (DG). Parameter yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah penurunan rugi-rugi daya dan profil tegangan dari daya listrik yang dihasilkan. Proses simulasi menghasilkan tegangan pada kondisi normal yaitu hanya mengalami kenaikan sekitar 0,3% dari tegangan nominal (memenuhi Peraturan Menteri No. 4 Tahun 2009). Selain itu, hasil analisis interkoneksi pada PLTBG 1 MW menunjukkan bahwa tegangan di ujung sebelum dan sesudah koneksi mengalami kenaikan. Selanjutnya, perbandingan total arus sebelum dan sesudah (beban 75% - 95%) adalah tetap (tidak terdapat perubahan). Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah, semakin besar beban akan semakin besar pula daya yang dihasilkan.

Kata Kunci: PLTBg, POME, ETAP 12.6.0

Abstract. PT Pangkatan Indonesia is an oil palm plantation company operating in Labuhanbatu Regency, North Sumatra Province, with a plantation area of 7,134.8 ha and has built a palm oil mill with an installed capacity of 40 tons / hour. Liquid waste from the plant has the potential to be an alternative source of raw materials for Biogas Power Plants (PLTBg) which is also a distributed generation (DG). The parameters to be studied in this study are the decrease in power losses and the voltage profile of the electrical power produced. The simulation process produces voltage under normal conditions, which only increases about 0.3% of the nominal voltage (complies with Ministerial Regulation No. 4 of 2009). In addition, the results of interconnection analysis at the 1 MW PLTBG show that the voltage at the ends before and after the connection has increased. Furthermore, the ratio of the total current before and after (load 75% - 95%) is fixed (no change). The conclusion of the results of this study is, the greater the load, the greater the power produced.

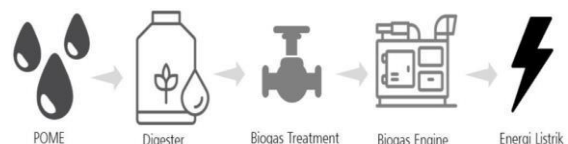
Keywords: PLTBg, POME, ETAP 12.6.0

PENDAHULUAN

PT Pangkatan Indonesia adalah perusahaan perkebunan kelapa sawit yang beroperasi di Kabupaten Labuhanbatu Provinsi Sumatera Utara dengan wilayah kebun mencapai 7.134,8 ha dan telah membangun pabrik kelapa sawit dengan kapasitas terpasang 40 ton/jam, yang juga menghasilkan limbah cair. Limbah cair ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBg) yang layak di dijalankan sebagai sumber 86system terbarukan. Hal ini akan menghasilkan keuntungan bagi perusahaan serta membantu memperkuat infrastruktur kebutuhan 86system listrik bagi masyarakat.

Pabrik Kelapa Sawit PT. Pangkatan Indonesia berpotensi sebagai sumber alternative bahan baku Pembangkit listrik Tenaga Biogas (PLTBg). Dengan memanfaatkan limbah cair kelapa sawit ini maka PLTBg layak untuk dijalankan berdasarkan aspek energy terbarukan dan investasi, serta membantu memperkuat infrastruktur kebutuhan 86system listrik bagi masyarakat.

Secara teknis, proses produksi biogas dari limbah cair adalah dengan mengubah Limbah cair *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menjadi biogas yang terbentuk secara alami yang terurai tanpa adanya oksigen. Sebagaimana gambar di bawah ini:



Gambar 1. Skema Proses Produksi Biogas

Sumber : Coaction.id

Parameter yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah :

1. Penurunan rugi-rugi daya
2. Profil tegangan.

Kedua parameter tersebut diambil berdasarkan pada syarat Nomor 3.6.2 dan 4.2.1 dalam surat keputusan direksi No. 0357.K/DIR/2014.

Palm Oil Mill Effluent (POME)

Palm Oil Mill Effluent (POME) adalah limbah cair yang dihasilkan dari penggilingan kelapa sawit. Pome tersebut berasal dari tiga sumber, yaitu kondensat

sterilisasi, pemisahan lumpur, dan air limbah hidrosiklon. Karakteristik POME disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Karakteristik Limbah Cair (POME) pada berbagai sumber di pabrik.

Parameter dalam g/L kecuali pH	semua	Sterilizer condense	Clarificat ion waste water	Hydrocy clone Waste water
pH		4.5 – 5.5	3.5 – 4.5	-
Chemical		30 – 60	40 – 75	15
Biochemical		10 – 25	17 – 35	5
Suspenden solids		3 – 5	12 – 18	5 – 12
Total solids		40 – 50	35 – 70	5 – 15
Oil and grease		2 – 3	5 -15	1 – 5

Sumber : PT. Pangkatan Indonesia

Ketiga sumber ini memiliki karakteristik tersendiri, bila digabungkan membentuk air limbah asam berkekuatan tinggi dengan kandungan komponen yang tinggi yang berasal dari minyak, serat dan dinding sel.

Komponen Utama Biogas

Komponen utama biogas yang menentukan kandungan energy gas adalah metana (CH4), dengan sifat mudah terbakar. Bergantung kepada substrat yang di cerna dipabrik biogas, maka komponen biogas yang ada di PT. pangkatan Indonesia adalah sebagai berikut :

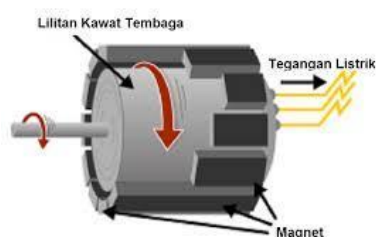
Tabel 2 . Komponen Biogas

Unsur	Rumus	Konsentrasi (% Volume)
Metana	CH4	50-75
Karbon dioksida	CO2	25-45
Uap air	H2O	2-7
Oksigen	O2	< 2
Nitrogen	N2	< 2
Hidrogen Sulfida	H2S	< 2
Amonia	NH3	< 1
Hidrogen	H2	< 1

Sumber : PT. Pangkatan Indonesia

Metana yang dihasilkan dari produksi biogas engine akan ditingkatkan menjadi biometana sebesar 98% yang memiliki sifat sama dengan gas alam. Gas alam inilah yang akan menjadi sumber daya listrik.

Subsistem Pembangkit



Gambar 2. Generator

Sumber: Manfaat.co.id

Salah satu komponen penting dari sistem tenaga adalah generator AC tiga fasa. Pada generator sinkron memiliki dua bidang yang berputar secara sinkron yaitu:

1. Bidang dihasilkan oleh rotor yang digerakkan dengan kecepatan sinkron dan dieksitasi oleh arus.
2. Bidang lainnya diproduksi dalam belitan stator oleh arus jangkar tiga fasa.

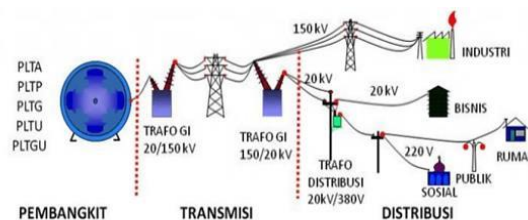
Subsistem Transmisi

Saluran tegangan transmisi yang beroperasi pada lebih dari 60 kV distandarisasi pada 69 kV, 115 kV, 138 kV, 161 kV, 230 kV, 345 kV, 500 kV, dan 765 kV line-to-line. Tegangan transmisi di atas 230 kV biasanya disebut sebagai tegangan ekstra tinggi (SUTET).

Subsistem Distribusi

Jalur pada distribusi primer biasanya kisaran 4 – 34,5 kV dan memasok beban di wilayah geografis yang terdefinisi dengan baik. Sedangkan pada distribusi sekunder sebagian besar melayani pada :

1. level 240/120 V, fasa tunggal, tiga kawat
2. 08 Y/120 V, tiga fasa, empat kawat
3. 80 Y/227 V, tiga fasa, empat kawat.



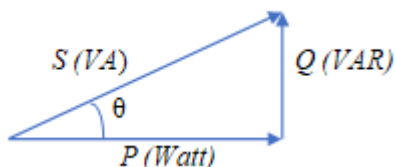
Gambar 3. Sistem distribusi tenaga listrik

Sumber : Artema co

Studi Aliran Daya

Studi aliran daya dilaksanakan untuk mendapatkan informasi berupa aliran daya dan tegangan sistem dalam kondisi tunak. Studi aliran daya juga merupakan metode analisis sinusoidal yang menggunakan persamaan non linear yang digunakan untuk mengetahui nilai dari tegangan, sudut daya, daya aktif dan daya reaktif di suatu bus (Citra, 2015). Dalam

perhitungan aliran daya merupakan suatu alat bantu yang sangat penting untuk mengetahui kondisi sistem (Wilhelmina, 2008). Fitur yang terdapat untuk simulasi analisis/studi yaitu aliran daya, hubung singkat, stabilitas transien, koordinaasi proteksi, starting motor dan lain - lain. Dalam sistem tenaga listrik AC (arus bolak-balik), daya menggunakan konsep segitiga daya dalam pengaplikasiannya. Segitiga daya terdiri dari Daya Aktif (P), daya Reaktif (Q) dan Daya Semu (S), seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. Segitiga Daya

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Pembangkit Tersebar

Pembangkit Tersebar (*Distributed Generation* atau DG) adalah pembangkit berkapasitas kecil yang berlokasi pada sistem distribusi tenaga listrik dan biasanya ditempatkan pada bus-bus yang terhubung langsung pada beban. Umumnya tipe DG dibedakan pada kapasitas dayanya yaitu pada tabel berikut ini :

Tabel 3. Klasifikasi Kapasitas Pembangkit Tersebar

No	Klasifikasi Pembangkit tersebar	Kapasitas (MW)	
		Minimum	Maksimum
1	Mikro	0,001	0,005
2	Kecil	0,005	5
3	Menengah	5	50
4	Besar	50	300

Sumber : PT. Pangkatan Indonesia

Software *Electric Transient and Analysis program (ETAP)12.6.0*

Electric Transient and Analysis program (ETAP) merupakan perangkat lunak yang menganalisis sistem tenaga listrik. Perangkat ini dapat digunakan secara :

1. Offline untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik
2. Online digunakan untuk pengelolaan data dan mengendalikan sistem secara real-time.

Tinjauan Pustaka

Adri Senen (2019), melakukan penelitian tentang Studi Interkoneksi pembangkit Listrik tenaga Biomassa 1 x 9,9 MW di Deli Serdang. Berdasarkan penelitian ini:

“Menunjukkan bahwa dengan masuknya PLTBM Deli serdang ke sistem 20 kV membuat arus hubung singkat menjadi lebih tinggi yaitu sebelum penyambungan arus hubung singkat tertinggi yaitu

12,96 kA dan sesudah penyambungan sebesar 14,53 kA, namun masih dalam standar batas maksimum peralatan eksisting 25 kA”.

Antonius Ibi Wiking (2012), melakukan penelitian tentang pengembangan analisis aliran daya dengan memperhitungkan kualitas energi listrik :

“Menunjukkan bahwa penurunan tegangan pada sumber ternyata menimbulkan kerugian total daya yang cukup besar, hal ini terjadi karena dengan menurunnya tegangan sumber maka menurun pula tegangan beban yang menyebabkan timbul arus yang besar”.

METODE

Data Penelitian

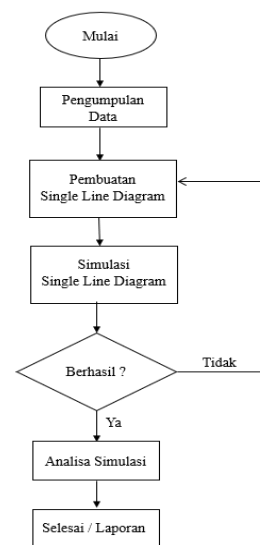
Data primer pada penelitian ini adalah berupa :

1. Single line Diagram
2. Data panjang penyulang c. Data beban penyulang.

Data sekunder di dapatkan melalui teori, studi literatur dan jurnal ilmiah.

Diagram Alir (*Flowchart*) Penelitian

Proses pelaksanaan penelitian ini disajikan dalam bentuk alur diagram alir (*flowchart*) berikut ini :



Gambar 5. *Flowchart* Penelitian

HASIL

Simulasi Aliran Daya (*Load Flow*)

Simulasi aliran daya diterapkan pada system interkoneksi PLTBG 1 MW di PT. Pangkatan Indonesia Desa Perkebunan Pangkatan, Kecamatan Pangkatan, kabupaten Labuhanbatu sesuai dengan data yang diperoleh dari PT. PLN (persero) PT. PLN (Persero) UIW SUMUT Rantau Prapat.

Perbandingan Simulasi Aliran Daya (Load Flow)

Hasil analisis interkoneksi pada PLTBG 1 MW menunjukkan bahwa terjadi perbaikan tegangan di ujung sebelum dan sesudah PLTBG 1 MW beroperasi. Berdasarkan hasil simulasi terdapat 5 parameter percobaan yaitu 75%, 80%, 85%, 90% dan 95%. Pada penelitian ini dilakukan simulasi berupa tegangan, arus keseluruhan pada penyulang dan arus pada pangkal penyulang.

Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan yang lebih besar terjadi saat kondisi beban 75% sedangkan tegangan yang lebih kecil terjadi saat kondisi beban 95%, dan arus pada pangkal penyulang mengalami penurunan arus saat setelah dikoneksikan dengan PLTBG 1 MW. Hasil simulasi disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 4. Simulasi Tegangan dengan Kondisi Beban 75%

No	Link Simulasi	Kondisi Tegangan pada saat beban 75%	
		Sebelum Koneksi	Sesudah koneksi
1	Titik A (NL174)	20,89 kV	20,948 kV
2	Titik B (NL138)	20,913 kV	20,971 kV
3	Titik C (NL68)	20,965 kV	21,024 kV
4	Titik D (NL13)	20,941 kV	21 kV
5	Titik E (NL133)	20,925 kV	20,984 kV

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 5. Simulasi tegangan dengan kondisi beban 80%

No	Link Simulasi	Kondisi Tegangan pada saat beban 80%	
		Sebelum Koneksi	Sesudah koneksi
1	Titik A (NL174)	20,795 kV	20,871 kV
2	Titik B (NL138)	20,82 kV	20,896 kV
3	Titik C (NL68)	20,876 kV	20,952 kV
4	Titik D (NL13)	20,85 kV	20,926 kV
5	Titik E (NL133)	20,833 kV	20,909kV

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 6. Simulasi tegangan dengan kondisi beban 85%

No	Link Simulasi	Kondisi Tegangan pada saat beban 85%	
		Sebelum Koneksi	Sesudah koneksi
1	Titik A (NL174)	20,761 kV	20,842 kV
2	Titik B (NL138)	20,787 kV	20,868 kV
3	Titik C (NL68)	20,847 kV	20,929 kV
4	Titik D (NL13)	20,819 kV	20,9 kV
5	Titik E (NL133)	20,8 kV	20,882 kV

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 7. Simulasi Tegangan dengan kondisi beban 90%

No	Link Simulasi	Kondisi Tegangan pada saat beban 90%	
		Sebelum Koneksi	Sesudah koneksi
1	Titik A (NL174)	20,727 kV	20,814 Kv
2	Titik B (NL138)	20,754 kV	20,841 kV
3	Titik C (NL68)	20,818 kV	20,905 kV
4	Titik D (NL13)	20,788 kV	20,875 kV
5	Titik E (NL133)	20,768 kV	20,855 kV

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 8. Simulasi Tegangan dengan kondisi beban 95%

No	Link Simulasi	Kondisi Tegangan pada saat beban 95%	
		Sebelum Koneksi	Sesudah koneksi
1	Titik A (NL174)	20,693 kV	20,785 kV
2	Titik B (NL138)	20,721 kV	20,814 kV
3	Titik C (NL68)	20,788 kV	20,881 kV
4	Titik D (NL13)	20,757 kV	20,85 kV
5	Titik E (NL133)	20,736 kV	20,829 kV

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Tabel 9. Perbandingan Arus Pada Pangkal Penyulang sebelum dan sesudah operasi PLTBg

No	Kondisi Beban (%)	Arus Sebelum	Arus Setelah
		PLTBG beroperasi (Ampere)	PLTBG beroperasi (Ampere)
1	75%	45,1 A	39,2 A
2	80%	55 A	47,8 A
3	85%	58,5 A	50,8 A
4	90%	62 A	53,9 A
5	95%	65,5 A	56,9 A

Sumber : Dokumentasi Pribadi

SIMPULAN

1. Sesuai tabel 9. diatas, hasil yang didapat yaitu arus terbesar terjadi pada saat kondisi beban 95% sedangkan arus yang terkecil yaitu pada saat kondisi beban 75%. Maka disimpulkan bahwa semakin besar beban akan semakin besar pula daya yang dihasilkan.
2. Tegangan yang dihasilkan pada simulasi dalam kondisi normal, mengalami kenaikan sekitar 0,3% dari tegangan nominal. Hal ini sesuai Peraturan Menteri No 04 Tahun 2009.
3. Hasil interkoneksi pada PLTBG 1 MW menunjukkan bahwa tegangan di ujung sebelum dan sesudah koneksi mengalami kenaikan, yaitu pada kondisi tegangan yang lebih besar (beban 75%) dan kondisi tegangan yang lebih kecil (beban 95%).
4. Pebandingan total arus sebelum dan sesudah (beban 75% - 95%) tetap, tidak terdapat perubahan.
5. Perbandingan total arus pada pangkal penyulang RA.01 sebelum PLTBG 1 MW beroperasi mengalami penurunan pada beban 75% sebesar 45,1 A menjadi

39,2 A. arus yang lebih besar yaitu pada kondisi beban 95% sebesar 65,5A menjadi 56,9A.

6. Dengan adanya kesimpulan diatas, maka PLTBg di PT. Pangkatan Indonesia terbukti dapat membantu pasokan listrik PLN di penyulang RA.01 Rantau Prapat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-afifi, Umar Faruq. "Analisa Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik menggunakan ETAP 12.6." *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri* 6.1 (2021): 16-22.
- [2] Cahayahati, Cahayahati. "Analisa Aliran Beban dalam Rangka Persiapan Interkoneksi Sistem PLTMH di Durian Tibarau Pasaman Barat." *DIELEKTRIKA* 10.1 (2023): 82-88.
- [3] Handajadi, Wiwik. "Analisis Perbaikan Tegangan Pada Subsistem Dengan Pemasangan Kapasitor Bank Dengan ETAP Versi 7.0." *Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta* (2014).
- [4] Hasibuan, Arnawan, et al. "Analisa Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Dengan Metode Fast Decoupled Menggunakan Software Etap." *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro* 3.1 (2020): 37-45.
- [5] Indrawan, Kurnia. *Analisa Aliran Daya Sistem Kelistrikan Pada PT. PLN (Persero) Unit Pembantu Sektor Medan Titi Kuning Menggunakan Software ETAP*. Diss. 2018.
- [6] Indriyani, R., Ervan Hasan Harun, and Yasin Mohamad. "Analisis Aliran Daya Pada Sistem Tenaga Listrik Sulawesi Utara dan Gorontalo Menggunakan Metode Fast Decoupled." (2019): 13-18.
- [7] Mariya, J. P. "Perancangan Perancangan Interkoneksi Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1 MWp On-Grid Pada Jaringan Distribusi Cileungsi." *SUTET* 9.2 (2019): 112-124.
- [8] Nigara, Adib Gustian, and Yohanes Primadiyono. "Analisis Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik pada Bagian Texturizing di PT Asia Pasific Fibers Tbk Kendal menggunakan Software ETAP Power Station 4.0." *Jurnal Teknik Elektro* 7.1 (2015): 7-10.
- [9] PAMUNGKAS, ARYA, and SUBUH ISNUR HARYUDO. "Studi Analisis Kerugian Daya Pada Jaringan Distribusi 20 Kv Penyulang Modo Area Bojonegoro Menggunakan Software Etap 12.6." *JURNAL TEKNIK ELEKTRO* 8.2 (2019).
- [10] PLN, PT. "Pedoman penyambungan pembangkit listrik energi terbarukan ke sistem distribusi PLN." *PT. PLN (Persero): Jakarta* (2014).
- [11] Priambodo, Pungki. "Analisis aliran daya tiga fasa tidak seimbang menggunakan metode k-matrik dan zbr pada sistem distribusi 20kv kota Surabaya." *Digilib. its, Surabaya* (2013)
- [12] Ronita, Resti Syara, and Regina Tutik Padmaningrum. "Optimasi Kondisi Proses Elektrokoagulasi Logam Kromium Dalam Limbah Cair Elektroplating." *Jurnal Elemen Kimia* 6.4 (2017): 134-142.
- [13] Senen, Adri, and Titi Ratnasari. "Studi Interkoneksi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa 1 x 9, 9 MW di Deli Serdang." *Journal of Applied Agricultural Science and Technology* 3.1 (2019): 41-50.
- [14] Sobikin, Maxi Alvin. "Analisis Drop Tegangan dan Manuver Jaringan pada Penyulang SGN11 dan Penyulang SGN14 Menggunakan Software ETAP 16.0.0." *CYCLOTRON* 5.1 (2022).
- [16] Weking Antonious Ibi. "Pengembangan Analisis Aliran Daya Dengan Memperhitungkan Pengaruh Kualitas energy Listrik." "Jurnal Teknologi Elektro 8.1 (2009): 97-105.

Biodata Penulis

Kanthi Wahyuni, Lahir di Jambi, 14 Maret 2001, Menyelesaikan Pendidikan D3 Teknik Listrik di Universitas Batanghari Jambi.

H. N.J. THAMRIN, ST, M.ENG, Lahir di Mersam, 22 Mei 1997, Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Universitas Sriwijaya Palembang, dan Master of Engineering Teknik Mesin di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Ir. Rozlinda Dewi, M.SI, Lahir di Jakarta, 13 Oktober 1961, Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Teknik Elektro di Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta dan Magister Sistem Informasi di Sekolah Tinggi Ilmu Komputer Dinamika Bangsa Jambi.