

## Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap Dengan Menggunakan Generator dan Efisiensi Generator pada Pabrik Kelapa Sawit di PT Perkebunan Nusantara IV PKS Rambutan

Sry Yani Hutagalung<sup>1</sup> Enjelina Lumban Gaol<sup>2</sup> Andri Saputra Harahap<sup>3</sup> Steven Elvantino Sirait<sup>4</sup> Arjunaldi Zalukhu<sup>5</sup>

Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia<sup>1,2,3,4,5</sup>

Email: [sryyani.5231131003@mhs.unimed.ac.id](mailto:sryyani.5231131003@mhs.unimed.ac.id)<sup>1</sup> [enjelinalg.5233131006@mhs.unimed.ac.id](mailto:enjelinalg.5233131006@mhs.unimed.ac.id)<sup>2</sup> [andrisaputra.5232431008@mhs.unimed.ac.id](mailto:andrisaputra.5232431008@mhs.unimed.ac.id)<sup>3</sup> [steven.5233131025@mhs.unimed.ac.id](mailto:steven.5233131025@mhs.unimed.ac.id)<sup>4</sup> [arjunaldizal.5232131001@mhs.unimed.ac.id](mailto:arjunaldizal.5232131001@mhs.unimed.ac.id)<sup>5</sup>

### Abstract

*Electrical energy is an important foundation in supporting industrial activities, especially in palm oil mills which use various electrical equipment such as induction machines, pumps and conveyors in the process of transforming fresh fruit bunches (FFB) into crude palm oil (CPO). At PT Perkebunan Nusantara IV PKS Rambutan, meeting this need is carried out through a sophisticated Steam Power Plant (PLTU) system, using biomass waste such as palm fiber and shells as the main fuel source. This approach not only provides environmental benefits, but also maximizes the use of internal factory resources. This study specifically examines how the generation of electrical energy from steam power works and assesses the efficiency of the generator in the PLTU system. The research method involves direct observation in the field for five full days during the production period, combined with the collection of operational data from the generator. Important parameters measured include input power (from the turbine), electrical output power, current (A), voltage (V), power factor ( $\cos \phi$ ), and frequency (Hz). The data was analyzed using the standard formula for efficiency:  $\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\%$ , complemented by statistical analysis to calculate average and deviation values. The research results show that this system operates based on the Rankine cycle principle: biomass is burned in the boiler to heat the air into high-pressure superheated steam (generally ranging from 40-60 bar), which then drives a multi-stage steam turbine connected directly to a synchronous generator. Generator efficiency was recorded to range from 79.25% to 89.68%, with an average value of 84.89%. This performance reflects good operational conditions, despite variations in production loads due to cooling.*

**Keywords:** Steam Power Plant, Generator, Generator Efficiency, Rankine Cycle, Palm Oil Mill

### Abstrak

Energi listrik merupakan fondasi penting dalam mendukung kegiatan industri, khususnya di pabrik kelapa sawit yang menggunakan berbagai peralatan listrik seperti mesin induksi, pompa, dan conveyor dalam proses transformasi tandan buah segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah (CPO). Di PT Perkebunan Nusantara IV PKS Rambutan, pemenuhan kebutuhan ini dilakukan melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang canggih, dengan memanfaatkan limbah biomassa seperti serabut dan cangkang kelapa sawit sebagai sumber bahan bakar utama. Pendekatan ini tidak hanya memberikan manfaat bagi lingkungan, tetapi juga memaksimalkan pemakaian sumber daya internal pabrik. Studi ini secara khusus meneliti cara kerja pembangkitan energi listrik dari tenaga uap dan menilai efisiensi generator dalam sistem PLTU tersebut. Metode penelitian melibatkan pengamatan langsung di lapangan selama lima hari penuh selama periode produksi, yang dikombinasikan dengan pengumpulan data operasional dari generator. Parameter penting yang diukur meliputi daya input (dari turbin), daya output listrik, arus (A), tegangan (V), faktor daya ( $\cos \phi$ ), dan frekuensi (Hz). Data tersebut dianalisis menggunakan rumus standar untuk efisiensi:  $\eta = (P_{out} / P_{in}) \times 100\%$ , dilengkapi dengan analisis statistik untuk menghitung nilai rata-rata dan deviasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini beroperasi berdasarkan prinsip siklus Rankine: biomassa dibakar di dalam boiler untuk memanaskan udara menjadi uap superheated bertekanan tinggi (umumnya berkisar antara 40-60 bar), yang kemudian menggerakkan turbin uap multi-stage yang terhubung langsung dengan generator

sinkron. Efisiensi generator tercatat berkisar antara 79,25% hingga 89,68%, dengan nilai rata-rata mencapai 84,89%. Kinerja ini mencerminkan kondisi operasional yang baik.

**Kata Kunci:** Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Generator, Efisiensi Generator, Siklus Rankine, Pabrik Kelapa Sawit



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

## PENDAHULUAN

Energi adalah aspek yang sangat krusial dalam mendukung pertumbuhan industri dan peningkatan kualitas hidup masyarakat. Dengan meningkatnya permintaan energi listrik di sektor industri, diperlukan suatu sistem pembangkit listrik yang mampu memproduksi energi dengan cara yang efektif dan efisien. Energi listrik adalah salah satu jenis energi yang paling banyak dimanfaatkan karena dapat dengan mudah diubah menjadi bentuk energi lain untuk mendukung berbagai kegiatan di industri (Jurnal & Saham, 2022). Salah satu jenis sistem pembangkit listrik yang banyak diterapkan di sektor industri adalah pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Pembangkit ini beroperasi dengan menggunakan energi panas dari pembakaran bahan bakar untuk memanaskan air dalam boiler, sehingga menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap ini kemudian digunakan untuk memutar turbin yang menghasilkan energi mekanik pada poros turbin, yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan generator dan memproduksi energi listrik (Mulyadi et al., 2023).

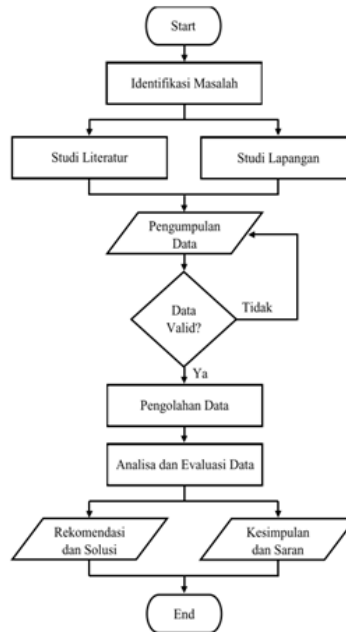
Dalam industri pengolahan kelapa sawit, sistem pembangkit listrik tenaga uap sangat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik selama proses produksi. Uap yang dihasilkan dalam boiler biasanya menggunakan bahan bakar dari limbah pengolahan kelapa sawit seperti serat dan cangkang. Uap ini digunakan untuk memutar turbin yang terhubung dengan generator, sehingga menghasilkan energi listrik yang diperlukan untuk mengoperasikan berbagai alat produksi di pabrik kelapa sawit (Darmawan & Soedjarwanto, 2023). Generator adalah salah satu elemen utama dalam sistem pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Efisiensi generator sangat mempengaruhi keseluruhan kinerja sistem pembangkit listrik. Karena itu, penting untuk menganalisis efisiensi generator agar dapat diketahui seberapa baik generator dalam mengubah energi mekanik menjadi energi listrik secara optimal (Mulyani et al., n.d.).

Efisiensi generator merupakan salah satu aspek krusial dalam mengevaluasi kinerja sistem pembangkit listrik tenaga uap. Efisiensi generator menggambarkan rasio antara energi mekanik yang diterima dari turbin dan tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator. Tingginya nilai efisiensi menandakan bahwa proses konversi energi terjadi dengan baik dan kehilangan energi yang terjadi cukup minim. Oleh karena itu, penting untuk melakukan analisis efisiensi generator guna mengetahui seberapa baik kinerja generator dalam sistem pembangkit listrik tenaga uap dan untuk memastikan bahwa energi yang dihasilkan bisa dimanfaatkan secara maksimal untuk mendukung aktivitas industri (Purnomo & Effendy, n.d.). PT Perkebunan Nusantara IV PKS Rambutan adalah salah satu pabrik kelapa sawit yang memanfaatkan pembangkit listrik tenaga uap sebagai sumber energi listrik untuk mendukung operasi pabrik. Oleh karena itu, analisis terhadap proses pembangkitan listrik tenaga uap dan efisiensi generator yang digunakan perlu dilakukan, guna mengetahui seberapa baik kinerja sistem pembangkit listrik dalam mendukung proses produksi di pabrik tersebut.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dalam bentuk studi kasus lapangan di PT Perkebunan Nusantara IV PKS Rambutan. Data tersebut

kemudian diolah dengan membandingkan daya mekanik dan daya listrik untuk mengetahui tingkat efisiensi. Hasilnya dianalisis dan dievaluasi guna menilai kesesuaian kondisi aktual dengan teori. Berdasarkan temuan tersebut, disusun rekomendasi dan solusi untuk meningkatkan kinerja, efisiensi, serta keandalan sistem pembangkit secara berkelanjutan.



**Gambar 1. Diagram Alur Penelitian**

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Pada tanggal 7 Maret 2026, pada hari Selasa, penilaian hasil keluaran dari generator dilaksanakan di PT Perkebunan Nusantara IV Regional 1 PKS Rambutan, Tebing Tinggi, Sumatera Utara. Observasi meliputi operasional lengkap dari sistem PLTU yang menggunakan bahan bakar biomassa (serabut serta cangkang kelapa sawit) saat transisi produksi TBS ke CPO. Adapun Spesifikasi Generator Yang diteliti sebagai berikut:

**Tabel 1. Spesifikasi Generator**

Keterangan	Spesifikasi
Type Model	HCL 634_G2
Serial Number	0170703-01
Capacity	1000 Kva
Elektric Power	800 Kw
Rpm	1500
Frekuensi	50 Hz
Tegangan	380
Faktor Daya	0,8

**Tabel 2. Data Keluaran Generator Pada Hari Selasa**

Jam	Daya In (kw)	Daya Out (kw)	Arus Phase	Tegangan	Cos $\theta$	Hz
09:00	818	696	805	380	0,85	50
10:00	820	670	759	380	0,85	50
11:00	807	666	752	380	0,85	50
12:00	797	660	742	380	0,85	50
13:00	801	652	730	380	0,85	50
14:00	817	656	678	380	0,85	50
15:00	806	658	727	380	0,85	50
16:00	801	648	722	380	0,85	50

Dari data lapangan keluaran generator II PLTU PKS Rambutan yang telah dikumpulkan secara sistematis.

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Efisiensi Generator di Pks Rambutan**

Jam	Daya In	Daya Out (kw)	Arus Phase	Volt	Cos $\theta$	Hz	Efisiensi( $\eta$ ) (%)
09:00	818	696	805	380	0,85	50	<b>85.09</b>
10:00	820	670	759	380	0,85	50	<b>81.71</b>
11:00	807	666	752	380	0,85	50	<b>82.53</b>
12:00	797	660	742	380	0,85	50	<b>82.81</b>
13:00	801	652	730	380	0,85	50	<b>81.40</b>
14:00	817	656	678	380	0,85	50	<b>81.49</b>
15:00	806	658	727	380	0,85	50	<b>81.64</b>
16:00	801	648	722	380	0,85	50	<b>80.90</b>

Berdasarkan data lapangan generator II PLTU PKS Rambutan yang tercatat pada hari Selasa, 7 Maret 2026, analisis efisiensi menunjukkan kinerja konversi energi mekanik turbin uap menjadi listrik selama periode operasi puncak (09:00-16:00 WIB). Sistem berbahan bakar biomassa (serabut/cangkang sawit) mendukung pengolahan TBS 120 ton/jam di PT Perkebunan Nusantara IV Regional 1. Efisiensi rata-rata 82,24% menandakan generator sinkron beroperasi dalam batas normal siklus Rankine PLTU biomassa (80-90%), meski lebih rendah dari rata-rata penelitian sebelumnya (84,89%). Penurunan progresif sepanjang hari disebabkan oleh akumulasi abu boiler dan beban konstan peralatan (conveyor/pompa). Tegangan stabil 380 V dan frekuensi 50 Hz memenuhi standar industri sawit. Rekomendasi: pembersihan boiler tiap 4 jam dan tuning faktor daya >0,90 untuk mencapai 85-87%. Data ini memvalidasi sistem mendukung produksi CPO berkelanjutan.

## Pembahasan

### Proses Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit listrik tenaga uap membantu memenuhi hampir setengah dari permintaan listrik dunia. (Sihombing et al., 2024) Pembangkit listrik ini menggunakan air sebagai fluida kerjanya saat ini pembangkit listrik tenaga uap mampu beroperasi dengan efisiensi tinggi yang mematuhi standar lingkungan yang ketat. Dalam pembangkit listrik tenaga uap berbahan Serabut Yang memanfaatkan Limbah Sawit Menjadi Bahan Bakar Boiler. secara terperinci kita bisa menghasilkan listrik dengan memutar poros generator Maka generator akan menghasilkan gerakan dari turbin, Bagian terpenting dari pembangkit listrik untuk memutar turbin uap ini harus memberikan uap bertekanan dan bersuhu tinggi pada inlet turbin ketika turbin menyerap energi dari fluida berenergi tinggi tekanan dan suhunya turun menuju outlet (Nur et al., 2022). Dalam pembangkit listrik berkapasitas tinggi sering menggunakan berbagai tahap turbin kuat seperti turbin tekanan tinggi, turbin tekanan menengah dan turbin tekanan rendah. Ketika ingin mengembalikan uap bertekanan rendah dan bersuhu rendah ke kondisi semula yang memiliki tekanan dan temperatur yang jauh lebih tinggi dapat mengulangi prosesnya langkah pertama adalah menaikkan tekanan Kita bisa melakukannya dengan menggunakan kompresor tetapi mengompresi uap adalah proses yang memerlukan energi terus menerus dan pembangkit listrik itu tidak akan efisien sama sekali Jadi cara mudah yang bisa dilakukan adalah dengan mengubah uap menjadi cairan dan meningkatkan tekanannya. (Energi et al., 2022) Proses ini akan memerlukan kondensor penukar panas yang berada di bawah turbin tekanan rendah aliran air dingin mengalir melalui tabung dalam kondensor uap menampik panas ke aliran cairan dan menjadi terkondensasi.

Untuk meningkatkan tekanan biasanya digunakan pompa sentrifugal multistage dalam proses dengan begitu tekanan akan kembali ke kondisi semula tugas selanjutnya adalah

mengembalikan suhu ke nilai aslinya untuk tujuan ini panas ditambahkan ke pintu keluar pompa dengan bantuan boiler atau ketel uap Pembangkit listrik berkapasitas tinggi umumnya menggunakan jenis boiler yang disebut boiler tabung air karena di PKS rambutan menggunakan bahan bakar serabut dan cangkang itu kemudian akan dibakar di dalam boiler air yang masuk awalnya melewati sesi economizer di sini air akan menangkap energi dari gas buang air mengalir melalui downcomer dan kemudian melalui dinding air yang mengubahnya menjadi uap, uap murni dipisahkan di drum uap Sekarang Fluida yang bekerja kembali ke keadaan semula tekanan tinggi dan suhu tinggi uap ini dapat dimasukkan kembali ke dalam turbin kuat dan siklus dapat diulang terus-menerus untuk produksi daya berkelanjutan (Apriandi & Mursadin, 2016) Dalam pembangkit listrik yang bekerja dengan siklus Rankine ini akan memiliki efisiensi yang sangat rendah dan kapasitas yang rendah kita dapat secara signifikan meningkatkan kinerja pembangkit listrik dengan bantuan beberapa teknik sederhana yaitu:

1. Gas Panas Lanjut. Gas Panas Lanjut (Reheat Gas) Merujuk pada proses pengolahan ulang gas buang panas dari turbin setelah ekspansi awal. Fungsinya adalah memanfaatkan sisa panas tersebut untuk memanaskan uap secara bertahap, sehingga meningkatkan efisiensi siklus Rankine dan mengurangi kehilangan energi termal.
2. Pemanasan Ulang. Pemanasan Ulang (Reheating) adalah tahap di mana uap kering yang telah melewati turbin tekanan tinggi dipanaskan kembali sebelum masuk turbin tekanan rendah. Proses ini menaikkan suhu uap hingga mendekati titik kritis, mencegah kondensasi prematur, dan meningkatkan output daya turbin secara keseluruhan.
3. Pemanasan Air Umpan. Pemanasan Air Umpan (Feedwater Heating) dilakukan melalui economizer atau air preheater untuk memanaskan umpan udara sebelum masuk drum boiler. Fungsinya mengurangi beban panas boiler utama, meningkatkan efisiensi termal hingga 5-10%, serta menghilangkan oksigen terlarut untuk mencegah korosi pipa.

Dalam kasus super heating atau gas panas lanjut bahkan setelah cairan diubah menjadi uap lebih banyak panas ditambahkan maka dari itu uap menjadi sangat panas semakin tinggi suhu uap semakin efisiensinya hal ini sesuai dengan Teorema Carnot tentang efisiensi thermal semaksimal mungkin Bahan Turbin Uap tidak akan tahan terhadap suhu lebih dari 600 derajat Celcius jadi superheating terbatas pada ambang batas tersebut suhu uap berkurang saat mengalir di sepanjang barisan pilah sehingga cara terbaik untuk meningkatkan efisiensi pembangkit listrik adalah dengan menambahkan lebih banyak panas (Energi et al., 2022) Setelah tahap turbin pertama penambahan ini dikenal sebagai pemanasan ulang dan proses ini akan meningkatkan suhu uap lagi yang mengarah ke output daya tinggi dan efisiensi yang lebih besar sisi tekanan rendah dari pembangkit listrik cenderung menyedot udara atmosfer bahkan dengan pengaturan penyengelan yang canggih gas terlarut dalam fit water atau air umpan akan merusak bahan boiler seiring waktu untuk menghilangkan gas terlarut ini maka digunakan pemanas air umpan terbuka uap panas dari turbin dicampur ke dalam air umpan gelembung uap yang dihasilkan akan menyerap gas terlarut pencampuran juga memanaskan air umpan yang membantu meningkatkan efisiensi pembangkit listrik ke tingkat yang lebih besar semua teknik ini membuat pembangkit listrik modern bekerja dengan efisiensi berkisar 40 sampai 45% (Nur et al., 2022). Penambahan panas dan penolakan panas di pembangkit listrik cairan dingin dialirkan ke kondensator dengan bantuan menara pendingin air yang dipanaskan dari outlet kondensator disemprotkan di menara pendingin yang kemudian menginduksi aliran udara alami dan air yang disemprotkan menghilangkan panas inilah bagaimana cairan yang lebih dingin selalu tersedia pada inlet kondensator pada serabut (fiber) yang terbakar menghasilkan banyak polutan kita tidak bisa langsung melepaskan polutan ini ke atmosfer jadi sebelum mentransfernya keluar gas buang ini dibersihkan dalam presipitator elektrostatik ESP menggunakan plat dengan listrik statis bertegangan tinggi untuk menyerap partikel polutan

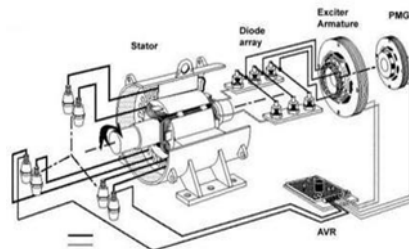
## Generator

Generator adalah sebuah mesin atau perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi elektromagnetik (Nur et al., 2022). Prinsip kerja generator didasarkan pada hukum Faraday, yang menyatakan bahwa perubahan fluks magnetik dalam suatu rangkaian akan menghasilkan gaya gerak listrik (GGL). Generator terdiri dari dua komponen utama, yaitu stator (bagian yang diam) dan rotor (bagian yang berputar). (Mv & Grandeur, 2022) Turbin uap sebagai penggerak utama untuk memutar rotor generator, selanjutnya rotor generator diberikan eksitasi untuk menimbulkan medan magnet yang berpotongan dengan momen elektromagnet pada stator. Potongan berbeda kutub tersebut yang menghasilkan listrik pada stator. Proses ini berlangsung secara continue (Saifudin & Gunawan, 2022). Generator dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC). Generator DC menghasilkan arus listrik yang mengalir dalam satu arah, sementara generator AC menghasilkan arus listrik yang berubah arah secara periodik. Generator AC lebih umum digunakan karena kemampuannya untuk menyalurkan listrik dalam jarak jauh dengan efisiensi yang lebih tinggi. Namun pada pabrik kelapa sawit ini generator yang digunakan itu adalah jenis generator AC.



Gambar 1. Generator di PKS Rambutan

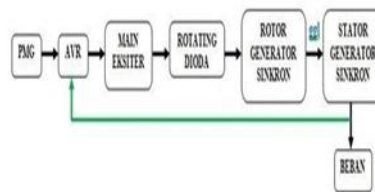
Dari pengamatan yang sudah dilakukan dapat dikatakan bahwa penjabaran urutan peristiwa pada generator bermula dari penggerak mula (prime over) dari generator, yaitu biasanya dari turbin yang diputar melalui uap atau biasa disebut steam turbine generator (STG). (Pltu et al., 2018) Turbin dapat berputar atau bergerak karena ada tekanan yang besar oleh uap dari pembakaran yang dilakukan pada boiler. Turbin berputar lebih dari 1500 rpm tergantung seberapa besar konstruksi turbin atau pada PKS ini putaran turbin sebesar 5000. Karena yang dibutuhkan untuk rotor berputar adalah 1500 rpm untuk menjaga frekuensi pada 50Hz. Oleh karena itu dari turbin ke generator terdapat gear box yang dapat mentransformasi putaran pada turbin yang diatas 1500 rpm menjadi 1500 rpm seperti yang dibutuhkan pada rotor. (Sugandi et al., 2023) Gear box disesuaikan dengan kecepatan putar turbin yaitu dengan rasio 3 : 1. Setelah dari gear box terdapat 1 shaft (sumbu) yang pada sumbu tersebut terdapat rotor, kumparan AC exciter, rotating diode, dan PMG seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2. Konstruksi Generator Sinkron dan Sistem Eksitasi

PMG berputar seiring dengan berputarnya rotor. PMG sebagai pembangkit tegangan atau arus AC yang disearahkan kemudian dimasukan pada AVR (Automatic Voltage Regulator) untuk dikontrol. Karena tegangan/ arus AC pada PMG sangat kecil, arus AC yang sudah

disearahkan dimasukkan pada eksiter untuk membangkitkan tegangan AC yang lebih besar (Prasetyono et al., 2023). Arus AC keluaran eksiter disearahkan oleh rotating diode. Untuk memberikan arus eksitasi pada rotor, sehingga pada rotor terdapat medan magnet. Medan magnet tersebut menabrak kumparan-kumparan pada stator yang menghasilkan fluks listrik. Sehingga dari situ didapatkan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator tersebut. Hal tersebut terjadi berulang-ulang setiap generator beroperasi. Sehingga tidak diperlukan sumber tegangan DC untuk eksitasi pada generator ini (Mv & Grandeur, 2022). Keluaran generator tersebut diambil melalui stator karena lebih mudah mengambil tegangan pada bagian yang diam dari pada mengambil tegangan pada bagian yang berputar (rotor). Secara singkat dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 3. Alur Ekstasi Dari PMG Sampai Beban

Sistem eksitasi pada sebuah generator sinkron yang beroperasi sendiri pada dasarnya berfungsi sebagai pengatur tegangan keluaran generator sinkron, dengan cara mengatur besar kecilnya arus eksitasi yang diberikan pada generator. Namun apabila generator tersebut beroperasi dengan sebuah sistem yang besar, maka pengaturan eksitasi praktis tidak mengubah tegangan suatu sistem tetapi hanya mempengaruhi daya reaktif yang dihasilkan pada suatu generator (Latif et al., n.d.). Karena pada kenyataannya, suatu sistem transmisi saluran panjang, dimana pusat pembangkit terletak jauh dari pusat beban mengakibatkan tegangan di ujung jaringan akan mengalami penurunan. Tegangan ini akan semakin menurun bila beban bersifat induktif. Walaupun generator pada pusat pembangkit tidak merasakan penurunan tegangan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan penambahan arus eksitasi untuk menaikkan daya reaktif sehingga tegangan di pusat beban menjadi normal kembali. Dalam hal ini tegangan keluaran pada generator juga mengalami kenaikan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan Penjelasan yang sudah di paparkan, penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Proses pembangkitan energi listrik pada generator PLTU unit PKS Rambutan dimulai dengan pembakaran bahan bakar untuk menghasilkan uap bertekanan tinggi. Uap ini kemudian menggerakkan turbin, yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik. Selanjutnya, generator mengkonversi energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik melalui interaksi medan magnet antara stator dan rotor. Pemahaman terhadap proses ini, termasuk peran komponen utama seperti turbin, stator, dan rotor, sangat penting dalam menjaga kelancaran operasi pembangkit listrik.
2. Efisiensi generator dalam sistem pembangkit listrik di PKS Rambutan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas bahan bakar, kondisi peralatan, dan perawatan rutin. Berdasarkan pemantauan selama kerja praktik, efisiensi generator bervariasi dengan nilai terendah sebesar 79,25% dan tertinggi sebesar 89,68%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa optimalisasi operasional, seperti pengaturan beban, pemeliharaan berkala, dan monitoring parameter listrik (arus, tegangan, dan  $\cos\phi$ ), dapat meningkatkan efisiensi secara signifikan. Dengan demikian, upaya perbaikan terus-menerus diperlukan untuk meminimalkan rugi-rugi energi dan memastikan kinerja generator yang optimal.
3. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi generator, seperti fluktuasi beban dan kualitas energi, telah diidentifikasi. Untuk meningkatkan efisiensi operasional, rekomendasi

seperti perawatan rutin, optimasi pembebanan, dan penggunaan teknologi monitoring berbasis IoT dapat diterapkan. Hal ini akan membantu pabrik dalam mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kinerja sistem pembangkit listrik secara keseluruhan

### Saran

Adapun saran-saran yang dapat disampaikan penulis sebagai Berikut

1. Optimasi perawatan rutin generator khususnya pada bagian komponen- komponen kritis generator, seperti stator, rotor, dan kapasitor bank. Perawatan rutin dapat mencegah kerusakan yang tidak terduga dan memastikan generator beroperasi pada efisiensi maksimal.
2. Pastikan generator selalu beroperasi pada titik efisiensi tertinggi dengan menyeimbangkan beban aktif dan reaktif. Hindari operasi generator pada beban yang terlalu rendah atau terlalu tinggi, karena dapat mengurangi efisiensi.
3. Setelah membaca laporan ini, mahasiswa diharapkan dapat melakukan riset lebih mengenai pembangkitan dan efisiensi pada generator.

### DAFTAR PUSTAKA

- Apriandi, R., & Mursadin, A. (2016). Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test Pltu Pt. Indocement P-12 Tarjun. 1(1), 37–46.
- Energi, J., Setiawan, F. G., & Melkias, A. A. (2022). Analisis Kinerja Turbin Uap Unit 1 Di Cirebon Power. 11(April), 7–11.
- Latif, N. Y., Indrawan, A. W., Noor, N. A., Rahmadani, A., Negeri, P., & Pandang, U. (n.d.). Moutong Terhadap Drop Tegangan Sistem. 13(3).
- Mv, D. I., & Grandeur, M. O. L. (2022). Analisis Terbakarnya Motor Listrik Pada Blower Bantu Mesin Induk.
- Nur, A. E., Karim, S. A., Studi, P., Teknik, P., Makassar, U. N., Studi, P., Teknik, P., Makassar, U. N., Studi, P., Teknik, P., & Makassar, U. N. (2022). Pengaruh Perubahan Bebaan Generator Terhadap Efisiensi Pltu The Effect Of Generator Load Changes On Pltu ( Study On Pltu Semen Tonasa Unit 35 MW ). 20(1), 62–66.
- Pltu, E., Observasional, S., Pt, D. I., Prakarsa, T., Tarjun, T. P.-, & Selatan, K. (2018). Analisis Beban Generator Terhadap Nilai Heat Rate Dan. 3(2), 73–84.
- Prasetyono, R. N., Mubarok, R., H, R. C. S., & Alfariki, M. Z. (2023). Pengaruh Penambahan Kapasitor Bank terhadap Perbaikan Daya pada Direct On Line ( DOL ) Berbasis Programmable Logic Controller ( PLC ) di Motor Listrik 3 Phase The Effect of Adding Capacitor Bank on Power Improvement in Direct On-Line ( DOL ) Based on Programmable Logic Controller ( PLC ) in Three-Phase Electric Motor. 8275, 132–143.
- Sihombing, G., Lubis, K., Amir, U., & Reat, H. (2024). Analisis Performansi Turbin Uap dengan Kapasitas 115 MW dan Putaran 3000 Rpm pada unit 1 PLTU Labuhan Angin Sibolga. 14(02), 193–202.
- Sugandi, B., Atabiq, F., & Asti, R. A. (2023). Pengaruh Beban Gas Turbine Generator terhadap Efisiensi Heat Recovery Steam Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap ( PLTGU ). 11(3), 639–648.