

DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMBANGKIT HYBRID PADA SISTEM KELISTRIKAN PT. ERATEX DJAJA, TBK KOTA PROBOLINGGO

¹Fikram, ²Awan Uji Krismanto, ³Ni Putu Agustini
Teknik Elektro S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia
fikram31298@gmail.com, ²e-mail, ³e-mail

Abstrak— Penelitian ini membahas desain dan implementasi pembangkit *hybrid* pada sistem kelistrikan PT Eratex Djaja, Tbk di Kota Probolinggo. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pembangkit listrik *hybrid* yang menggunakan energi surya dan sumber energi lainnya secara bersamaan (*hybrid*) dalam lingkungan PT. Eratex Djaja, Tbk Kota Probolinggo. Fokus utama penelitian ini adalah melakukan analisis aliran daya dan rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja, Tbk Kota Probolinggo pada saat menggunakan sumber *power grid* PLN dan pada saat menggunakan sumber dari *Hybrid* PLTS. Dengan menggunakan perangkat lunak ETAP, penelitian ini diharapkan dapat mengetahui nilai aliran daya dan rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja, Tbk Kota Probolinggo. Daya maksimal yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dalam penelitian ini adalah sebesar 1,1 MW.

Kata Kunci: PLTS Hybrid, Aliran Daya, Desain PLTS, ETAP 16.0.0.

I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun ini energi terbarukan memiliki peranan yang penting dalam perkembangan jaman. Energi terbarukan menjadi energi alternatif yang akan menggantikan peran bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat. Selain ramah lingkungan, energi terbarukan secara alami dapat diperbaharui dengan cepat dan ketersediaannya melimpah di alam. Di Indonesia sendiri PLTS telah dimanfaatkan sebagai energi baru terbarukan pada sektor rumah maupun perusahaan untuk mengurangi penggunaan listrik dari PLN.

Menurut PP No.79 tahun 2014 pemenuhan target bauran EBT minimal sebesar 23% mulai tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050. Melalui kebijakan pemerintah Permen ESDM nomor 26 tahun 2021 energi listrik pelanggan PLTS atap di ekspor sebesar 100%. namun nantinya akan di revisi

bahwasanya energi dari PLTS atap tidak akan di ekspor ke PLN, maka dari itu pada sistem PLTS yang harus menjadi perhatian [1].

Energi adalah suatu syarat untuk keberlangsungan kehidupan manusia. Semakin banyak energi yang dibutuhkan maka dapat meningkatkan kemakmuran manusia, selain itu kebutuhan energi dapat menimbulkan masalah juga dalam penyediannya. Energi terbarukan sangat dibutuhkan mengingat energi fosil semakin lama semakin menipis. Energi terbarukan adalah suatu sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga sumber energi tersebut tidak akan bisa habis. Salah satu energi terbarukan yang digunakan adalah energi matahari karena merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan kehidupan manusia. Sifat dari energi matahari bisa terbilang kekal karena tidak akan habis dan pemanfaatannya lebih mudah dibandingkan dengan sumber energi terbarukan lain[2].

Melakukan sistem PLTS - PLN *hybrid* salah satu cara untuk memanfaatkan sumber daya matahari. Dimana PLTS *hybrid on grid* adalah sistem PLTS yang hanya akan menghasilkan listrik ketika terdapat listrik dari grid (PLN). PLTS akan mengirimkan kelebihan produksi listrik yang dihasilkan ke PLN, sehingga memungkinkan proses jual-beli (ekspor-impor) listrik atau dapat dikreditkan untuk pemakaian listrik selanjutnya. Sehingga pembangkit Listrik Tenaga Surya *hybrid* adalah solusi yang ideal untuk memanfaatkan sumber energi matahari secara optimal dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya fosil.

Menurut jurnal penelitian yang diambil pada penelitian ini dengan judul Implementasi Filter Pasif untuk Mereduksi Harmonika dan Memperbaiki Kualitas Daya pada PT. Eratex Djaja, Tbk Kota Probolinggo (Muhammad Zakaryah, I Made Wartana, Ni Putu Agustini, 2019).[15] Didapatkan data single line diagram kelistrikan dari PLN dan data penggunaan beban. Berdasarkan data dari jurnal tersebut penulis akan melakukan rancangan dan simulasi pada sistem

kelistrikan PT. Eratex Djaja sebelum dan sesudah masuknya PLTS. Desain dan simulasi pada penelitian ini menggunakan software ETAP. Simulasi yang dilakukan pada software ETAP yaitu menggunakan analisis aliran daya. Dari hasil analisa aliran daya dapat diketahui profil daya dan losses pada sistem sehingga.

II. KAJIAN PUSTAKA

Pada umumnya, masyarakat diperkenalkan dengan model pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid* yang diaplikasikan untuk daerah yang tidak ada jaringan PLN dengan cara menyimpan energi pada siang hari dan menggunakannya di waktu malam. PLTS yang ditawarkan ke masyarakat menggunakan central inverter untuk beberapa modul *photovoltaic*, yang menghasilkan tegangan DC yang tinggi dan berbahaya, serta ukuran yang besar dan harga yang mahal. Dalam penelitian ini, model PLTS on-grid dibangun untuk modul praktek yang langsung terhubung ke PLN serta tidak memerlukan baterai penyimpanan maupun charger sehingga mengurangi biaya investasi dan cocok diaplikasikan di masyarakat. *Micro inverter* berukuran kecil dapat dipasang langsung di bawah modul surya dan menghasilkan tegangan AC yang langsung dapat dimanfaatkan untuk dipakai sendiri maupun dijual ke PLN. Modul yang dibangun adalah sebuah PLTS *on-grid* 300wp dengan menggunakan micro inverter 300 watt dan dilengkapi dengan beban listrik berupa bola lampu dan stop kontak. Untuk pengambilan data, model ini dihubungkan dengan jaringan PLN melalui pelanggan listrik rumah tangga dengan daya 1.300 VA. Hasil pengukuran PLTS ini mampu membangkitkan daya tertinggi sebesar 142,37 watt dan berhasil mendistribusikan daya tertinggi ke jaringan PLN sebesar 115,41 watt. Model PLTS ini siap digunakan sebagai modul praktek dan juga media promosi ke masyarakat tentang model PLTS *on-grid* yang mempunyai nilai ekonomi untuk membantu pemerintah dalam pencapaian target nasional di bidang *renewable energy*[4].

Indonesia merupakan daerah tropis yang mempunyai sinar matahari yang sangat besar menjadi potensi energi terbarukan dengan iradiasi harian rata-rata 4,5 – 4,8 kWh/m². Sebagai energi terbarukan, sinar matahari tidak bersifat polutif, tidak akan habis, namun bersifat gratis atau cuma-cuma. Maka dari itu sumber energi ini dapat dimanfaatkan untuk kelistrikan melalui sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada penelitian ini akan dibahas perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *On Grid* dengan membangkitkan 60 % dari kapasitas beban di area *Learning Farm*. Besar daya yang dibangkitkan sebesar 68,17 kWp dengan menggunakan 100 modul sel surya. PLTS ini dirancang untuk mengurangi pemakaian listrik dari PLN di Ecopark Ancol. Lokasi ini dinilai memiliki potensi radiasi matahari yang cukup baik dan ketersediaan lahan yang luas. Hasil dari perancangan ini diharapkan menjadi acuan bagi pihak ecopark *learning farm* Ancol agar diperoleh kesesuaian antara kebutuhan energi, harga, dan kualitas yang baik. Kata Kunci: energi terbarukan, ecopark, PLTS[5].

Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan listrik di Desa Timampu Wilayah Kecamatan Towuti adalah penyediaan sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan sebagai alternatif untuk penambahan suplai

listrik yaitu sistem kelistrikan PLTS *On Grid* dengan *Backup battery*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem kelistrikan PLTS *On Grid Backup Battery* dengan Kapasitas 1500 Watt di Desa Timampu kecamatan Towuti. PLTS *On Grid* dengan *Backup Battery* merupakan sistem kelistrikan yang terintegrasi dengan jaringan PLN sehingga energi listrik dari jaringan PLN tetap menjadi pemasok utama kemudian PLTS sebagai tambahan. Sementara itu Battery diharapkan sebagai sumber energi cadangan jika terjadi kondisi gangguan ataupun mendesak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peralatan yang dibutuhkan untuk mendukung sistem kelistrikan. PLTS *On Grid* 1500 Watt dengan *Backup Battery* adalah 6 buah Photovoltaic berkapasitas 250 Wp, *Solar Charge Controller* jenis MPPT berkapasitas 1500 Watt, AKI basah 2 x 100 Ah dan 2 x 60 Ah dengan tegangan 24 Volt dan kapasitas 160 Ah, Inverter jenis *Pure Sine Wave* dengan kapasitas 1500 Watt dan KWH meter jenis piringan dengan 2 arah putaran[6].

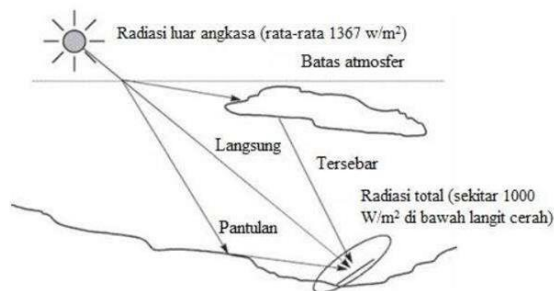
Penelitian ini dilakukan oleh Forson Peprah, Samuel Syamfi, Mark Amo Boateng, Dr. Eric Effah-Donyina pada tahun 2022. Pada penelitian ini membahas pengaruh sistem PLTS Atap pada jaringan distribusi tegangan rendah. Penelitian ini didasari dengan tingginya permintaan listrik di dunia saat ini dan kebutuhan 9 untuk mengurangi emisi karbon. Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh pembangkitan PV atap pada rugi-rugi distribusi (kerugian daya) dan profil tegangan jaringan menggunakan software python dengan menggunakan dua skenario yang berbeda dan enam injeksi PV (1 – 6 kWp). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jaringan yang terhubung dengan sistem PV atap berpotensi mengurangi susut distribusi secara substansial dan tidak melanggar batas tegangan standar. Kehilangan daya bersih yang tercatat pada jaringan dengan injeksi PV dari 1 – 6 kWp berada di kisaran 1,1 kW–88,9 kW pada faktor daya yang buruk dan masing-masing 0,7 kW dan 89,1 kW pada faktor daya yang ditingkatkan. Variasi profil tegangan berkisar antara 0,97 pu dan 1,05 pu untuk jaringan konvensional dan prosumer[7].

Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro merupakan lokasi yang memiliki iradiasi yang cukup besar, hal ini dapat dimanfaatkan untuk membangun pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). ETAP v.12.6 adalah suatu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mensimulasikan suatu sistem tenaga listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pembangkit listrik tenaga surya yang bersifat *On Grid* di Departemen Teknik Industri dengan menganalisis aliran daya dan rugi-rugi daya pada sistem tersebut. Dengan menggunakan ETAP diharapkan dapat mengetahui nilai aliran daya dan rugi-rugi daya yang mengalir pada sistem tenaga listrik di Departemen Teknik Industri. Daya maksimal yang dapat dihasilkan PLTS pada penelitian Tugas Akhir ini sebesar 10 kW. Penggunaan PLTS dapat mengurangi nilai daya yang disuplai oleh sumber PLN. Nilai rata-rata rugi-rugi daya pada sistem ini sebesar 2.7 kW, 5.6 kvar[8].

A. Energi Matahari

Matahari menghasilkan energi dalam bentuk radiasi. Energi dihasilkan dalam inti matahari melalui proses perpaduan antara atom hidrogen dan helium. Bagian dari massa hidrogen dikonversi menjadi energi. Dengan kata lain,

matahari adalah reaktor fusi nuklir yang sangat besar dengan masa hidup (umur) sekitar $4,5 \times 10^9$ tahun. Karena matahari jauh dari bumi maka hanya sebagian kecil radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi. Ada beberapa jenis radiasi matahari yaitu Radiasi langsung (direct radiation), radiasi tersebar (diffuse radiation), radiasi pantulan (albedo), dan radiasi total (total radiation)[9].



Gambar 1. Penyebaran Jenis Radiasi Matahari

B. Perancangan

Perancangan merupakan tahap persiapan untuk rancang bangun implementasi suatu sistem yang menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk yang dapat berupa penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh. Definisi perancangan menurut (Jack Febrian, 2004) mendefinisikan : “Rancangan adalah merupakan tahap penerjemahan dan keperluan atau data yang telah dianalisis kedalam bentuk yang mudah dimengerti oleh pemakai (user) , ada tiga atribut yang penting dalam proses perancangan yaitu struktur data, arsitektur perangkat lunak dan prosedur rinci”.

Menurut (Soetam Rizky ,2011) mendefinisikan : “Perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta didalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya”.

Menurut (Bambang Hariyanto,2004) mendefinisikan: “Perancangan merupakan penghubung antara kebutuhan dan implementasinya”. Jadi perancangan dapat diartikan perencanaan dari pembuatan suatu sistem yang menyangkut berbagai komponen sehingga akan menghasilkan sistem yang sesuai dengan hasil dari tahap analisa sistem.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang menggunakan sinar surya sebagai energi penghasil listrik dengan mengubah energi surya menjadi energi listrik, PLTS menggunakan panel surya sebagai media untuk menyerap energi cahaya matahari untuk menghasilkan energi listrik, PLTS merupakan sebuah pembangkit dengan tidak mengeluarkan emisi pada proses pembangkitannya, sistem PLTS pada dasarnya terbagi menjadi dua yaitu *on grid* dan *off grid*, berikut penjelasan mengenai sistem PLTS [10].

D. PLTS Hybrid Berbasis On Grid

Berdasarkan defisininya PLTS *on-grid* adalah sistem PLTS yang hanya akan menghasilkan listrik ketika terdapat listrik dari dari *grid* (PLN). PLTS akan mengirimkan kelebihan produksi listrik yang dihasilkan ke PLN, sehingga memungkinkan proses jual-beli (*ekspor-impor*) listrik atau dapat dikreditkan untuk pemakaian listrik selanjutnya PLTS[10].

E. Modul Surya (Photovoltaic)

Photovoltaic atau disebut juga dengan modul surya merupakan bahan semikonduktor yang berfungsi untuk mengubah sinar matahari secara langsung menjadi energi listrik. Perubahan sinar matahari menjadi energi listrik ini disebut efek *photovoltaic*. Kinerja *photovoltaic* sendiri sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari karena semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan oleh *photovoltaic*[11].



Gambar 2. Iustrasi Panel Surya (news.unair.ac.id)

F. Inverter

Inverter di dalam PLTS berfungsi untuk mengubah arus searah (*direct current* – DC) yang dibangkitkan oleh sistem modul fotovoltaik dan baterai menjadi arus bolak balik (*alternating current* – AC), sehingga PLTS dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagaimana disediakan oleh pembangkit konvensional.



Gambar 3. Inverter

G. Modeled Case Circuit Breaker (MCCB)

MCCB merupakan sebuah pemutus tenaga yang memiliki fungsi sama dengan MCB, yaitu mengamankan peralatan dan instalasi listrik saat terjadi hubung singkat dan membatasi kenaikan arus karena kenaikan beban. Hanya saja yang

membedahkan MCCB dengan MCB adalah casingnya, dimana untuk MCB tiga fasa memiliki casing dari tiga buah MCB satu fasa yang kopel secara mekanis. Sementara MCCB memiliki tiga buah terminal fasa dalam satu casing yang sama. Itulah sebabnya MCCB dikenal sebagai *Modeled Case Circuit Breaker* [12].



Gambar 4. MCCB

H. Kabel

Kabel berfungsi sebagai jalan untuk melewati energi listrik dari suatu tempat ke tempat lain. Kabel dapat terdiri dari satu kawat atau lebih yang masing - masing umumnya diisolasi agar arus listrik yang melewati kawat dapat tersekat. Isolator yang digunakan berupa berbagai jenis karet alam, karet vulkanisasi dan karet buatan. Selain isolasi kabel memiliki pelindung untuk melindungi isolasi. Sesuai dengan penggunaannya, ada dua jenis kabel yaitu kabel untuk penyaluran tenaga listrik dan kabel untuk penyaluran sinyal listrik. Kabel untuk penyaluran tenaga listrik digunakan dibidang tenaga listrik, sedangkan kabel untuk penyaluran sinyal listrik digunakan untuk bidang telekomunikasi (telepon, telegraf, dan lain-lain)[12].

I. Daya Listrik

1) Pengertian Daya Listrik

Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu (Von Meier Alexander, 2006). Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah volt ampere reactive (VAR) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah volt ampere (VA).

2) Macam – Macam Jenis Daya Listrik

a) Daya Aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh beban (Von Meier Alexander, 2006). Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif menurut Von Meier Alexander :

$$P = V.I.\cos\phi \text{ (1 phasa)} \quad (1)$$

$$P = 3.VL.IL.\cos\phi \text{ (3 phasa)} \quad (2)$$

Dimana: $P = \text{Daya aktif (Watt)}$
 $V = \text{Tegangan (volt)}$

$$I = \text{Arus (ampere)}$$

$$\cos\phi = \text{Faktor daya}$$

$$VL = \text{Tegangan jaringan (volt)}$$

$$IL = \text{Arus jaringan (ampere)}$$

b) Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet (Von Meier Alexander, 2006). Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif memiliki satuan berupa volt ampere reactive (VAR). Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif menurut Von Meier Alexander :

$$Q = V.I.\sin\phi \text{ (1phasa)} \quad (3)$$

$$Q = 3.VL.IL.\sin\phi \text{ (3 phasa)} \quad (4)$$

Dimana: $Q = \text{Daya Reaktif (var)}$

$V = \text{Tegangan (volt)}$

$I = \text{Arus (ampere)}$

$VL = \text{Tegangan jaringan (volt)}$

$IL = \text{Arus jaringan (ampere)}$

c) Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan (Von Meier Alexander, 2006) atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau di serap oleh beban. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA). Berikut persamaan dari daya semu :

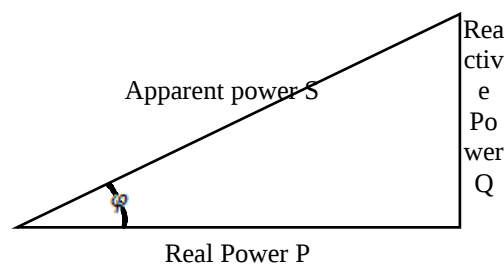
$$S = V.I \quad (5)$$

Dimana: $S = \text{Daya Semu (VA)}$

$V = \text{Tegangan (volt)}$

$I = \text{Arus (ampere)}$

Hubungan dari ketiga daya diatas disebut sistem segitiga daya dapat digambarkan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5. Segitiga daya Sumber : (Von Meier Alexander, 2006)

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dapat dijelaskan dengan persamaan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan Segitiga Daya

No.	Nama Daya	Rumus	Satuan
1	Daya aktif (P)	$P = V.I.\cos\phi$	Watt
2	Daya reaktif (Q)	$Q = V.I.\sin\phi$	VAR

3	Daya semu (S)	$S = V.I$	VA
---	---------------	-----------	----

d) Rugi Daya (Power Losses)

Losses daya pada kabel merujuk pada energi listrik yang hilang atau terbuang dalam bentuk panas ketika listrik mengalir melalui kabel tersebut. Hal ini disebabkan oleh resistansi kabel, yang merupakan sifat alami dari bahan kabel yang menghambat aliran listrik. Saat arus listrik mengalir melalui kabel, resistansi menyebabkan sebagian energi listrik berubah menjadi panas, yang kemudian disipasikan ke lingkungan sekitar. Semakin tinggi resistansi kabel dan semakin besar arus yang mengalir, semakin besar pula losses daya yang terjadi. Oleh karena itu, pengurangan losses daya pada kabel sangat penting untuk meminimalkan pemborosan energi dan meningkatkan efisiensi sistem distribusi listrik[13].

Untuk menghitung rugi- rugi daya pada penghantar 3 fasa menggunakan rumus:

$$P_{losses} = 3 \times I^2 \times R \quad (6)$$

Dimana : P_{losses} = Rugi – rugi daya (Watt)
 I = Arus yang disalurkan (Ampere)
 R = Tahanan saluran (Ohm/Meter)

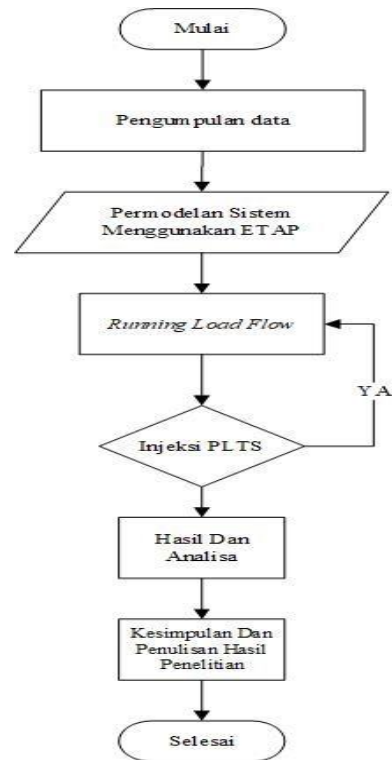
J. Simulasi ETAP

ETAP (Electric Transient and Analysis Program) adalah suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja secara *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk mengolah data *real - time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real - time*[14].

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Alir

Dalam penelitian ini merancang simulasi PLTS Hybrid berbasis *On Grid* yang dimulai dengan mengkalkulasi berapa jumlah panel surya yang akan digunakan berserta spesifikasi tiap panelnya, begitu juga dengan komponen yang lain seperti Inverter *hybrid*, MCCB dan Kabel. Setelah itu melakukan simulasi rancangan kelistrikan menggunakan *software* ETAP agar mengetahui rangkaian kelistrikannya dan diagram single linanya.



Gambar 6. Diagram Alir

B. Data Beban PT. Eratex Djaja

Berikut ini adalah tabel data beban PT. Eratex Djaja

Tabel 2. Data Beban PT. Eratex Djaja

Nama Panel	Nama Beban	Jumlah	Daya (W)	Daya Total (W)
SDP NO. 70 Panel Power Lampu Washing	Lampu TL	230	18	4140
	Tolkar 5000 Liter	5	18500	92500
SDP NO.71 Panel Power Mesin Washing L-1	Tolkar 1658 Liter	2	9000	18000
	Tonelo	5	24000	120000
	Trivineta	9	3000	27000
	Tolkar Dry Sample	5	1500	7500
SDP NO.72 Panel Power Mesin Sample & Spray	Lampu TL	52	36	1872
	Motor	3	2200	6600
	Motor	9	550	4950
	Motor Blower	7	1500	10500
	Lamou TL	80	58	4640
	Lampu TL	152	36	5472
	Lampu LED	12	18	216
	Lampu TL	60	36	2160
SDP NO.74	Lampu	2	100	200

Lampu & Power Spray Room	LED			
	Motor	4	220	8800
	Motor	4	7500	30000
	Motor Blower	4	1500	6000
SDP NO.73 Panel Lampu & Mesin Washing Sample	Lampu TL	78	18	1404
	Lampu TL	32	36	1152
SDP NO. 80 Panel Power Mesin Area L-3	Lampu TL	90	36	3240
	Motor Blower	5	36000	180000
	Lampu TL	40	36	1440
SDP NO. 81 Panel Power Mesin Washing L-4	Motor Blower	8	7500	60000
	Motor	4	5500	22000
	Motor Blower	5	2200	11000
	Motor Main	5	1500	7500
	Motor Blower	10	1500	15000
	Motor Main	5	2200	11000
SDP NO. 82 Panel Power Lampu Washing L-4	Lampu LED	330	18	5940
	Lampu TL	70	36	2520
	Motor Blower	4	1500	6000
	Lampu LED	56	18	1008
SDP NO. 85 Panel Power Office Washing L-4	Lampu TL	10	36	360
	Motor Main Ozon	2	10000	20000
	Motor Tilting	2	1500	3000
	Motor Blower	2	750	1500
Total	749.614 W			

C. Komponen Utama

1) Kebutuhan Energi Listrik PT. Eratex Djaja

Dalam hal ini dikarenakan ketidaksediaan data waktu penggunaan beban kelistrikan pada PT Eratex Djaja maka diasumsikan lama penggunaan beban per hari selama 8 jam. Dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas beban (W)} \times \text{Waktu (Asumsi 8 jam)} & (7) \\ &= 749,614 \times 8 \text{ jam} \\ &= 6,000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

2) Panel Surya

Menghitung Kapasitas Panel Surya. Menghitung kapasitas solar cell guna menentukan kapasitas dari solar cell dibutuhkan data dukung antara lain data iradiasi rata-rata

harian pada daerah PT Eratex Djaja, dimana data dukung tersebut dapat diperoleh apada data base NASA yang diakses Melalui Website Power Access Data Viewer. Dimana data iradiasi rata-rata harian yang diperoleh adalah sebesar 6,64 kWh/m²/hari.

Dengan kebutuhan energi harian (kWh) yang sudah diperoleh di lapangan, maka bisa dihitung daya puncaknya PLTS sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{kW (peak) PLTS} &= \text{kWh/kWh / m}^2/\text{hari} \quad (8) \\ &= 6,000 \text{ kWh} / 6.64 \\ &= 904 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas belum ditambahkan dengan prosentase rugi-rugi system pada kelistrikan yaitu 15%-25%, sehingga nilai pada daya puncak setelah penambahan rugi-rugi sistem yaitu 1.040kWh-1.130kWh.

Jumlah modul adalah :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Modul} &= \frac{\text{Daya yang dibutuhkan (Wp)}}{\text{Daya maksimum keluaran panel (Watt)}} \quad (9) \\ &= \frac{1.100 \text{ Wp}}{500 \text{ Watt}} \\ &= 2.200 \text{ Panel} \end{aligned}$$

Dengan spesifikasi panel yang digunakan yaitu:

Tabel 3. Spesifikasi panel surya

Specification Type	Nilai
STC Power Rating	500W
PTC Power Rating	468,3W
STC Power per Unit of area	210,4W/m ² (19,5W/ft ²)
Peak Efficiency	21,04%
Power Tolerances	0% /+ 5%
Number of Cells	150
Imp	11,69A
Vmp	42,8V
Isc	12,28A
Voc	51.7V
Vmp solar panel	308-4000 Vdc
Kapasitas	200 A Max.
PV Power	55 kWp

Dengan jumlah panel yang akan di pasang sebanyak 2200 panel Pada hubungan seri solar panel yang digunakan yaitu : Jumlah panel seri 25 panel

$$25 \times 42.8 \text{ V} = 1070 \text{ V}$$

Dan rangkaian paralel yang akan dirangkai adalah berjumlah 88 buah

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel paralel} &= 88 \times 11.69 \text{ A} \\ &= 1028.72 \text{ A} \end{aligned}$$

Sehingga dapat menghasilkan daya sebesar :

$$1070 \times 1028.72 = 1,100,730.4 \text{ W atau } 1,100.73 \text{ kW}$$

3) Inverter

Untuk menentukan spesifikasi Inverter memperhatikan kapasitas solar cell dengan menggunakan rumus :

$$\begin{aligned} \text{Capacity of inverter :} & \\ &= \text{Demand Watt} \times \text{Safty Factor (Watt)} \quad (10) \\ &= 1,100,730.4 \text{ watt} \times 1.25 \text{ watt} \\ &= 1,375,913 \text{ watt (1,375.9 kW)} \end{aligned}$$

Keterangan, dimana *Demand Watt* adalah tenaga listrik yang dihasilkan (daya) maksimal dari solar cell yang sudah dirangkai. maka kapasitas inverter yang terpasang adalah 1.400 kVA.

Tabel 4. Spesifikasi Inverter

Kapasitas Inverter	
Max. DC input power	66k W
Max. DC input voltage	1000 Vdc
Rated output power	60 kW
Max. AC output power	62 kW
Rated output voltage	400 Vac
Output voltage range	400 Vac+20%
Rated output current	87 A
Max. output current	90 A

4) MCCB

Kapasitas MCCB adalah jumlah arus maksimum yang dapat mengalir dengan bebas melalui MCCB. Persamaan untuk kapasitas arus maksimum MCCB yaitu :

$$I_{kmccb} = I_{bT} + I_{Ri} \quad (11)$$

Keterangan :

I_{kmccb} = Kapasitas arus minimum MCCB(A)

I_{bT} = Arus Beban total(A)

I_{Ri} = kerugian yang disebabkan oleh hilangnya daya jaringan (A). Rugi daya dianggap 10%

$$I_{kmccb} = 1,028.72 + 102.872$$

$$= 1,131.592 \text{ A}$$

Jadi, MCCB yang dipakai berkapasitas 1200 A.

5) Kabel dan KHA

a) Kabel DC PV

Penghantar adalah sarana yang dapat menghantarkan arus listrik atau bahan yang dapat dihantarkan arus. Untuk mendapatkan penghantar yang sesuai dengan kebutuhan maka harus menentukan arus dan kuat hantar arusnya. Persamaan yang digunakan yaitu persamaan berikut.

$$I = \frac{P}{V \times \cos \phi} \quad (12)$$

Keterangan : I = Arus dengan (Ampere)

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan Listrik (Volt)

$\cos \phi$ = Faktor daya (0.8)

$$I = \frac{1,100.73 \text{ kW}}{1,070 \text{ V} \times 0,8}$$

$$I = 1,285.8 \text{ A}$$

$$KHA = I_{max} \times \text{Faktor Koreksi}$$

$$= 1,285 \times 1.25$$

$$= 1607.3 \text{ A}$$

b) Kabel AC

Arus maksimal dan KHA yang melewati kabel penghantar

$$I_{maxAC} = \frac{\text{Daya maksimum}}{\text{Tegangan Nominal}} \quad (13)$$

$$I_{maxAC} = \frac{1,100.73 \text{ kW}}{380 \text{ V}}$$

$$I_{maxAC} = 2,896.6$$

$$KHA = I_{max} \times \text{Faktor Koreksi}$$

$$KHA = 2,896.6 \times 1.25$$

$$KHA = 3,620.8 \text{ A}$$

D. Simulasi ETAP

Simulasi dalam penelitian ini menggunakan frekuensi 50 Hz dengan memanfaatkan perangkat lunak ETAP 16 standar ANSI. Pada bagian studi kasus simulasi kelistrikan *load flow* di ETAP 16, dipelajari dan disimulasikan.

E. Komponen PLTS dalam software ETAP

1) Panel

Dalam simulasi ini terdapat 2.200 panel yang dirangkai secara seri dan paralel dengan 25 panel rangkaian seri dan 88 panel rangkaian paralel. Dengan keterangan sebagai berikut :

	Generation Category	Irradiance	Ta	Tc	MPP kW
1	Design	1000	30	5	1082.32
2	Normal	900	30	7.5	964.51
3	Shutdown	800	30	10	847.81
4	Emergency	700	30	12.5	732.39
5	Standby	600	30	15	618.41
6	Startup	500	30	17.5	506.13
7	Accident	400	30	20	395.88
8	Summer Load	300	30	22.5	288.18
9	Winter Load	200	30	25	183.93
10	Gen Cat 10	100	30	27.5	84.96

Gambar 7. Input Data Panel

2) Inverter

Pada simulasi ini Inverter dalam software ETAP berisikan data spesifikasi inverternya beserta output AC.

Gambar 8. Input Data Inverter

3) MCCB

MCCB dalam simulasi ETAP ini berisikan rating beserta arus yang mengalir ke kabel.

Gambar 9. Input Data MCCB

4) Kabel

Dalam simulasi ETAP kabel berisikan tegangan yang mengalir dari bus ke bus seperti gambar dibawah ini.

Kabel atau penghantar yang digunakan untuk tegangan menengah 20 kV pada bus 1 grid menuju bus 3 trafo yaitu kabel isolasi XLPE dengan ukuran 150 mm².

Gambar 10. Input Data *Cable 1*

Kabel atau penghantar yang digunakan untuk tegangan menengah 380 kV pada bus 2 yaitu PLTS menuju bus 4 adalah bus beban yaitu kabel isolasi Rubber 2 dengan ukuran 240 mm².

Gambar 11. Input Data *Cable 2*

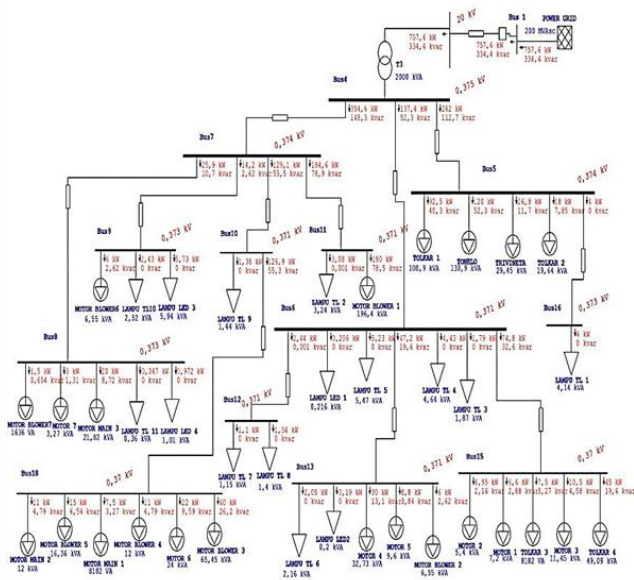
IV. SIMULASI DAN ANALISA

Dari simulasi yang telah dilakukann menggunakan *software* ETAP dapat dilihat profil daya dan *losses* dari sistem kelistrikan di PT. Eratex Djaja tanpa PLTS dan ketika terhubung PLTS dengan kapasitas daya 1,1 MW. Sehingga hasil dari simulasi dapat diketahui bagaimana profil daya dan *losses* ketika masuknya PLTS kedalam sistem kelistrikan pada PT. Eratex Djaja.

A. Hasil Simulasi Load Flow

. Dalam simulasi rangkaian kelistrikan pada PT. Eratex Djaja, PLN mensuplay semua kebutuhan daya pada beban PT tersebut dengan hasil rangkaian sebagai berikut :

1) Single line diagram PT. Eratex Djaja



Gambar 12. Single Line Diagram Sebelum Masuknya PLTS

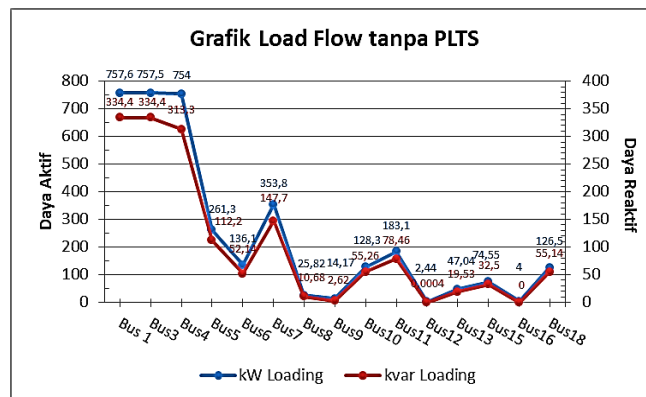
2) Data hasil load flow tanpa PLTS

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik dari hasil simulasi *load flow* sebelum pemasangan PLTS pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan *software* ETAP.

Tabel 5. Profil daya aktif dan reaktif tanpa PLTS

Bus ID	kW Loading	kvar Loading
Bus 1	757,6	334,4
Bus3	757,5	334,4
Bus4	754	313,3
Bus5	261,3	112,2
Bus6	136,1	52,14
Bus7	353,8	147,7
Bus8	25,82	10,68
Bus9	14,17	2,62
Bus10	128,3	55,26
Bus11	183,1	78,46
Bus12	2,44	0,0004
Bus13	47,04	19,53
Bus15	74,55	32,5
Bus16	4	0
Bus18	126,5	55,14

Dapat dilihat pada Tabel 5 bahwa sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja memiliki 18 bus dimana bus 1 dan bus 3 adalah saluran transmisi dari *power grid* kemudian disalurkan pada bus beban yang dimulai dari bus 4 sampai dengan bus 18.



Gambar 13. Grafik Profil daya tanpa PLTS

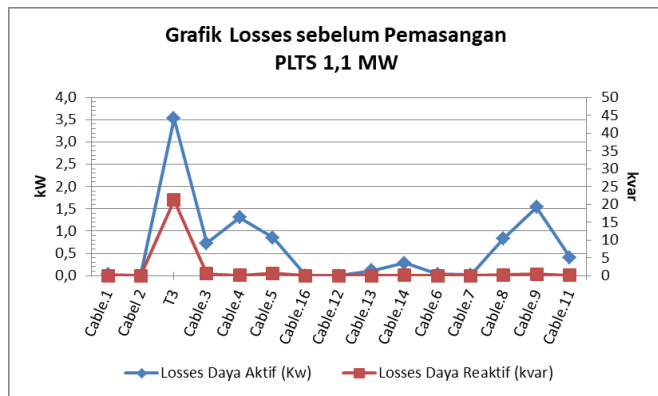
Dari hasil simulasi ETAP sebelum masuknya PLTS kedalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja pada Tabel 5 dan Gambar 13 menunjukan besarnya daya aktif dan daya reaktif pada bus beban dimana pada masing-masing bus memiliki nilai yang berbeda dikarenakan jumlah beban pada setiap bus bervariasi.

3) Data losses tanpa PLTS

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik *Losses* dari hasil simulasi *load flow* sebelum pemasangan PLTS pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan *software* ETAP.

Tabel 6. *Losses* daya pada kabel tanpa PLTS

Keterangan	Losses daya	
	Kw	Kvar
Cable.1	0,02	0,01
T3	3,52	21,14
Cable.3	0,73	0,55
Cable.4	1,30	0,12
Cable.5	0,85	0,64
Cable.16	0,00	0,00
Cable.12	0,00	0,00
Cable.13	0,11	0,03
Cable.14	0,28	0,08
Cable.6	0,03	0,01
Cable.7	0,01	0,00
Cable.8	0,83	0,24
Cable.9	1,53	0,43
Cable.11	0,41	0,12
Total	9,64	23,36

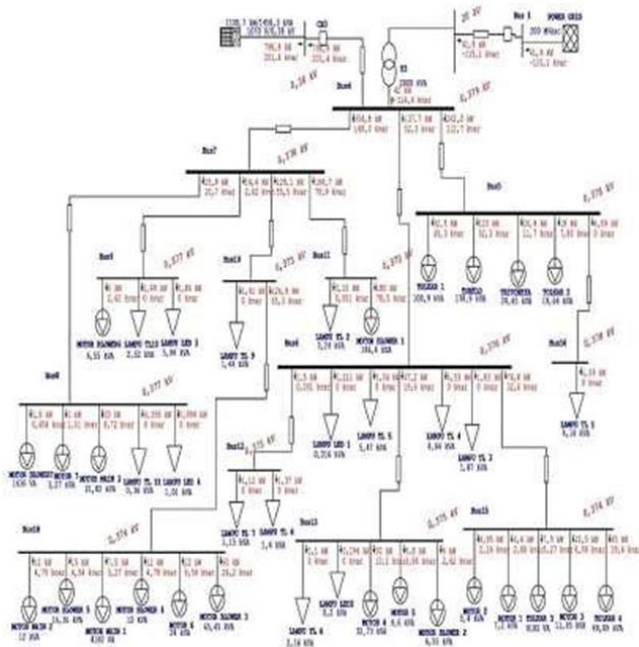


Gambar 14. Grafik losses daya pada kabel tanpa PLTS

Dari data Tabel 6 dan Gambar 14 didapatkan total losses daya aktif sebesar 9,64 kW dan total daya reaktifnya sebesar 23,36 Kvar pada sistem kelistrikan pabrik yang di suplai dari grid PLN sebelum masuknya kelistrikan dari PLTS. Losses pada kabel disebabkan karena panjang kabel, jenis kabel, dan tahanan kabel.

4) Hasil Simulasi Hybrid PLN – PLTS 1,1 MW

Dalam simulasi ini kelistrikan yang dijalankan adalah simulasi kelistrikan Hybrid PLN – PLTS berkapasitas 1,1 MW untuk memenuhi permintaan beban pabrik PT. Eratex Djaja sehingga hasil yang didapatkan sebagai berikut :



Gambar 15. Single line diagram sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja dengan PLTS

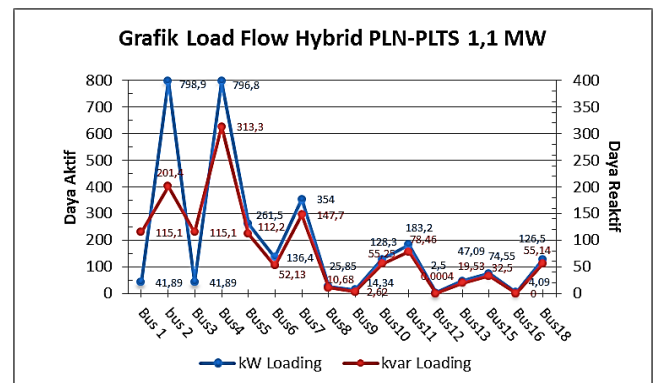
5) Data hasil Load Flow dengan PLTS 1,1 MW

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik dari hasil simulasi load flow sesudah pemasangan PLTS pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan software ETAP.

Tabel 7. Profil daya setelah menggunakan PLTS 1,1 MW

Bus ID	kW Loading	kvar Loading
Bus 1	41,89	115,1
bus 2	798,9	201,4
Bus3	41,89	115,1
Bus4	796,8	313,3
Bus5	261,5	112,2
Bus6	136,4	52,13
Bus7	354	147,7
Bus8	25,85	10,68
Bus9	14,34	2,62
Bus10	128,3	55,25
Bus11	183,2	78,46
Bus12	2,5	0,0004
Bus13	47,09	19,53
Bus15	74,55	32,5
Bus16	4,09	0
Bus18	126,5	55,14

Dapat dilihat pada Tabel 7 bahwa terdapat penambahan bus setelah pemasangan PLTS ke dalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja yaitu bus 2 yang kemudian menyalurkan daya dari PLTS ke beban dimulai dari bus 4.



Gambar 16. Grafik Profil daya dengan PLTS

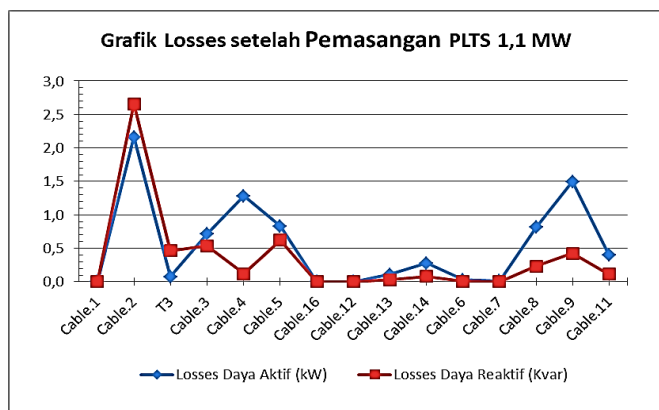
Dari simulasi yang dilakukan menggunakan software ETAP setelah masuknya PLTS 1,1 MW kedalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja, diperoleh hasil simulasi pada Tabel 7 dan Gambar 16. Dari hasil simulasi ETAP didapatkan nilai daya yang disuplai oleh PLTS dengan kapasitas daya 1,1 MW adalah sebesar 798,9 kW untuk memenuhi permintaan beban sebesar 754 kVA. Kemudian daya yang lebih disalurkan ke grid PLN sebesar 41,89 kW.

6) Data Losses pada kabel setelah menggunakan PLTS 1,1 MW

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik Losses dari hasil simulasi load flow sebelum pemasangan PLTS pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan software ETAP.

Tabel 8. Losses pada kabel setelah menggunakan PLTS

Keterangan	Losses daya	
	kW	Kvar
Cable.1	0,00	0,00
Cable.2	2,16	2,66
T3	0,08	0,46
Cable.3	0,71	0,54
Cable.4	1,28	0,12
Cable.5	0,83	0,62
Cable.16	0,00	0,00
Cable.12	0,00	0,00
Cable.13	0,11	0,03
Cable.14	0,28	0,08
Cable.6	0,03	0,01
Cable.7	0,01	0,00
Cable.8	0,82	0,23
Cable.9	1,50	0,42
Cable.11	0,40	0,11
Total	8,21	5,29



Gambar 17. Grafik losses pada kabel setelah masuknya PLTS

Dari Tabel 8 dan Gambar 17 dapat diketahui bahwa dalam proses *Hybrid* PLN - PLTS dengan kapasitas daya 1,1 MW menghasilkan nilai total losses daya aktif sebesar 8,21 kW dan daya reaktif 5,29 Kvar.

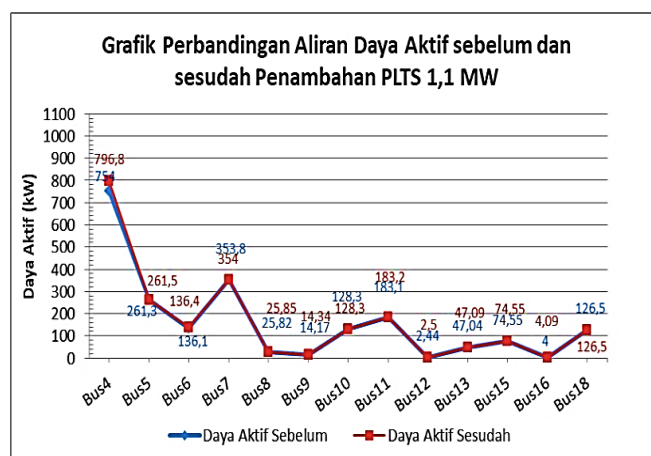
B. Perbandingan tanpa PLTS dan Hybrid PLN-PLTS 1,1 MW

1) Perbandingan Aliran Daya Aktif sebelum dan sesudah masuknya PLTS 1,1 MW

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik perbandingan Daya Aktif (kW) dari hasil simulasi *load flow* sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan software ETAP.

Tabel 9. Daya aktif sesudah dan sebelum terpasangnya PLTS 1,1 MW

Bus ID	Daya aktif (Kw)	
	Sebelum	Sesudah
Bus4	754	796,8
Bus5	261,3	261,5
Bus6	136,1	136,4
Bus7	353,8	354
Bus8	25,82	25,85
Bus9	14,17	14,34
Bus10	128,3	128,3
Bus11	183,1	183,2
Bus12	2,44	2,5
Bus13	47,04	47,09
Bus15	74,55	74,55
Bus16	4	4,09
Bus18	126,5	126,5



Gambar 18. Grafik perbandingan daya aktif sebelum dan sesudah masuknya PLTS.

Dari simulasi *load flow* yang dilakukan menggunakan software ETAP pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja tanpa PLTS dan setelah masuknya PLTS kedalam sistem, dapat diketahui bahwa terdapat peningkatan profil daya aktif pada bus beban. Dari Tabel 9 dan Gambar 18 dapat dilihat daya aktif pada bus beban yang dimulai dari bus 4 sebelum masuknya PLTS kedalam sistem adalah sebesar 754 kW dan setelah masuknya PLTS kedalam sistem pada bus 4 adalah 796,8 kW.

2) Perbandingan Aliran Daya Reaktif sebelum dan sesudah masuknya PLTS 1,1 MW

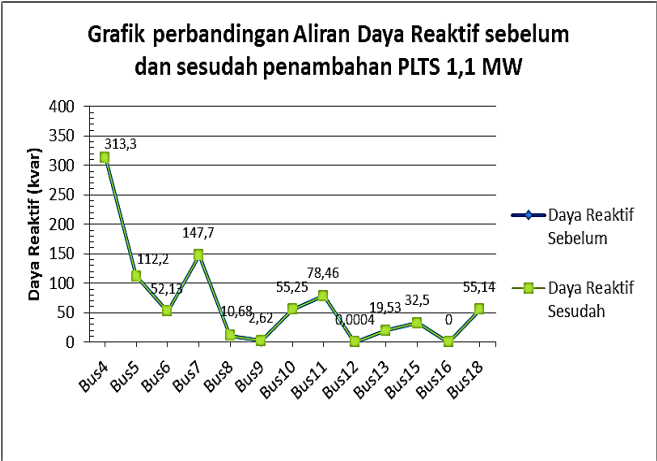
Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik perbandingan Daya Reaktif (kvar) dari hasil simulasi *load flow* sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan software ETAP.

Tabel 10. Daya reaktif sebelum dan sesudah terpasangnya PLTS 1,1 MW

Bus ID	Daya Reaktif (kvar)	
	Sebelum	Sesudah
Bus4	313,3	313,3
Bus5	112,2	112,2
Bus6	52,14	52,13
Bus7	147,7	147,7
Bus8	10,68	10,68
Bus9	2,62	2,62
Bus10	55,26	55,25
Bus11	78,46	78,46
Bus12	0,0004	0,0004
Bus13	19,53	19,53
Bus15	32,5	32,5
Bus16	0	0
Bus18	55,14	55,14

Tabel 11. Losses daya aktif sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW

Keterangan	Losses daya aktif (kW)	
	Sebelum	Sesudah
Cable.1	0,02	0,00
Cabel 2	0,00	2,16
T3	3,52	0,08
Cable.3	0,73	0,71
Cable.4	1,30	1,28
Cable.5	0,85	0,83
Cable.16	0,85	0,00
Cable.12	0,00	0,00
Cable.13	0,11	0,11
Cable.14	0,28	0,28
Cable.6	0,03	0,03
Cable.7	0,01	0,01
Cable.8	0,83	0,82
Cable.9	1,53	1,50
Cable.11	0,41	0,40
Total	9,64	8,21

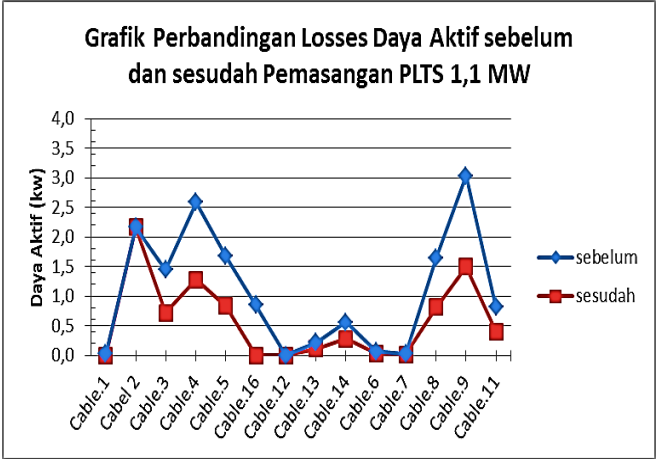


Gambar 19. Grafik perbandingan daya reaktif sebelum dan sesudah masuknya PLTS.

Dari simulasi *load flow* yang dilakukan menggunakan software ETAP pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja tanpa PLTS dan setelah masuknya PLTS kedalam sistem, dari Tabel 10 dan Gambar 19 dapat diketahui bahwa tidak adanya perubahan yang signifikan profil daya reaktif pada bus beban yang dimulai dari bus 4. Hal ini dikarenakan PLTS tidak menghasilkan daya reaktif sehingga permintaan daya reaktif dari beban pabrik PT. Eratex Djaja di layani oleh *grid* PLN.

3) Grafik Perbandingan Losses Daya Aktif sebelum dan sesudah Pemasangan PLTS 1,1 MW

Dibawah ini menampilkan tabel dan grafik prbandingan *Losses* Daya Aktif (kW) dari hasil simulasi *load flow* sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW pada sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja menggunakan software ETAP.



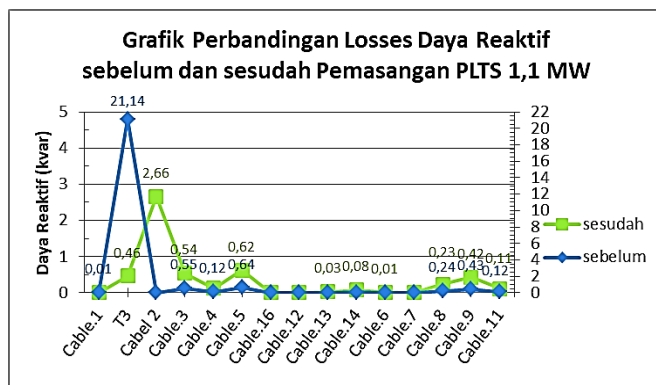
Gambar 20. Grafik perbandingan *losses* daya aktif sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW

Dari simulasi yang dilakukan menggunakan ETAP diperoleh hasil pada Tabel 11 dan Gambar 20 total *losses* daya aktif sebelum pemasangan PLTS adalah 96,4 kW dan sesudah pemasangan PLTS adalah 8,21 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan adanya pemasangan PLTS dapat mengurangi *losses* daya pada kabel.

4) *Grafik Perbandingan Losses Daya Reaktif sebelum dan sesudah Pemasangan PLTS 1,1 MW*

Tabel 12. *Losses daya reaktif sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW*

Keterangan	Losses daya reaktif (kvar)	
	Sebelum	sesudah
Cable.1	0,01	0,00
T3	21,14	0,46
Cabel 2	0,00	2,66
Cable.3	0,55	0,54
Cable.4	0,12	0,12
Cable.5	0,64	0,62
Cable.16	0,00	0,00
Cable.12	0,00	0,00
Cable.13	0,03	0,03
Cable.14	0,08	0,08
Cable.6	0,01	0,01
Cable.7	0,00	0,00
Cable.8	0,24	0,23
Cable.9	0,43	0,42
Cable.11	0,12	0,11
Total	23,36	5,29



Gambar 21. Grafik perbandingan *losses* daya reaktif sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW

Dari simulasi yang dilakukan menggunakan ETAP diperoleh hasil pada Tabel 12 dan Gambar 21 total losses daya reaktif sebelum pemasangan PLTS adalah 23,36 kvar dan sesudah pemasangan PLTS adalah 5,29 kvar. Perubahan yang besar terjadi pada nilai total losses dikarenakan proses aliran daya sebelum pemasangan PLTS melewati transformator yang ditunjukkan dengan tulisan T3 pada grafik Sehingga menghasilkan nilai *losses* yang tinggi sedangkan sesudah pemasangan PLTS proses aliran daya langsung pada bus beban sehingga nilai total *losses* menjadi lebih rendah. pada perubahan nilai total *losses* dapat diketahui bahwa dengan adanya pemasangan PLTS dapat mengurangi losses daya reaktif pada kabel. Namun penurunan losses daya reaktif setelah pemasangan PLTS pada kabel tidak besar, hal ini disebabkan karena PLTS hanya menghasilkan daya aktif.

V. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari penelitian ini didapatkan data beban dan jumlah total daya kelistrikan pada PT. Eratex Djaja sebesar 749.614 kW.
2. Simulasi PLTS yang dibuat pada penelitian ini berkapasitas 1,1 MW menggunakan panel 500 wp berjumlah 2.200 Panel dengan rangkaian seri 25 panel dan paralel 88 panel mampu menghasilkan 823,9 kVA.
3. Dari hasil simulasi aliran daya sebelum dan sesudah pemasangan PLTS 1,1 MW ke dalam sistem kelistrikan PT. Eratex Djaja dapat diketahui daya aktif sebelum yaitu sebesar 754 kW dan sesudah 796,8 kW, daya aktif mengalami kenaikan sebesar 42,8 kW.
4. Dari hasil simulasi didapatkan total *losses* daya reaktif sebelum pemasangan PLTS adalah 23,36 kvar dan sesudah pemasangan PLTS adalah 5,29 kvar. Perubahan yang besar terjadi pada nilai total *losses* dikarenakan proses aliran daya sebelum pemasangan PLTS melewati transformator Sehingga menghasilkan nilai *losses* yang tinggi sedangkan sesudah pemasangan PLTS proses aliran daya langsung pada bus beban sehingga nilai total *losses* menjadi lebih rendah.
5. Dari hasil analisa aliran daya ketika menggunakan sumber dari PLTS Hybrid 1,1 MW dan PLN didapatkan daya yang keluar dari PLTS sebesar 823,9 kVA dan mengalir ke beban sebanyak 701,9 kVA sedangkan sisa daya mengalir ke PLN sebanyak 122 kVA.

Berdasarkan pembahasan pada penelitian ini, diperoleh saran sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini agar lebih akurat maka dapat ditambahkan data waktu penggunaan beban per hari dalam PT. Eratex Djaja
2. Agar bisa mewujutkan pengurangan bahan bakar fosil maka dapat dikembangkan dan direalisasikan pembangkit energi terbarukan seperti PLTS
3. Dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya diharapkan membuat implementasi simulasi Hybrid berbasis off grid.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugraha, W. (2023). Analisis Studi Kelayakan Ekonomi Dan *Self Consumption Plts On-Grid Dan Hybrid Kapasitas 1.328 Kwp*.
- [2] Juen, B. B., Suriana, I. W., Sukadana, I. W., & Yasa, I. W. S. (2020). Perancangan sistem pembangkit listrik tenaga hybrid antara PLN dan PLTS. *Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi*, 3(2), 41-51.
- [3] Sugirianta, I. B. K., Saputra, I. G. N. A. D., & Sunaya, I. G. A. M. (2019). Modul praktek PLTS on-grid berbasis micro inverter. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 9(1), 19-26

- [4] Hutajulu, A. G., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) On Grid di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23-33.
- [5] Naim, M., & Wardoyo, S. (2017). Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti. *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 8(2), 11-17.
- [6] Peprah, F., Gyamfi, S., Amo-Boateng, M., & Effah-Donyina, E. (2022). Impact assessment of grid tied rooftop PV systems on LV distribution network. *Scientific African*, 16, e01172.
- [7] Alfaridzi, S. M., Nugroho, A., & Sinuraya, E. W. (2020). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Menggunakan Software ETAP V. 12.6 Di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 9(2), 143-147.
- [8] Ramadhana, R. R., Iqbal, M., Hafid, A., & Adriani, A. (2022). Analisis Plts on Grid. *VERTEX ELEKTRO*, 14(1), 12-25.
- [9] Salsa hayani, F., Stefanie, A., & Bangsa, I. A. (2021). Hybrid Generator Thermoelektrik Panel Surya Thin Film Sf 170-S Cis 170 Watt Pada Plts 1 Mw Cirata. *Jurnal Teknik Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, 6(1), 154–160. <https://doi.org/10.36277/jteuniba.v6i1.102>
- [10] Yulisman, Y., & Fakhri, A. (2022). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya dan PLN. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPKA)*, 5(1), 29. <https://doi.org/10.33087/jepca.v5i1.68>
- [11] Prok, A. D., Tumaliang, H., & Pakiding, M. (2018). Penataan Dan Pengembangan Instalasi Listrik Fakultas Teknik UNSRAT 2017. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(3), 207–218. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/20767>
- [12] Umar, S. T. (2017). *Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150kv Pada Gardu Induk Jajar-Gondangrejo* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- [13] Multa, M. Eng, and R. P. Aridani, “JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS GADJAH MADA YOGYAKARTA 2013 Disusun Oleh.”
- [14] Zakaryah, M. (2019). *Implementasi Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Dan Memperbaiki Kualitas Daya Pada Pt. Eratex Djaja Kota Probolinggo* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).

VII. BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Fikram lahir di Ruteng tanggal 03 Desember 1998. Penulis menempuh pendidikan di Madrasah Aliyah Jabal Nur Watu Lendo Manggarai Barat pada tahun 2013 dengan memilih Jurusan IPA hingga lulus pada tahun 2016. Selanjutnya melanjutkan Pendidikan di perguruan tinggi Institut Teknologi Nasional Malang dengan program studi Teknik Elektro S-1 konsentrasi Energi Listrik Email penulis yaitu fikram31298@gmail.com