

PERENCANAAN SUMBER ENERGI MATAHARI DI GEDUNG UTAMA UNIVERSITAS PGRI SEMARANG DENGAN SISTEM ON-GRID

Adhi Kusmantoro^{1*}, Mega Novita¹ dan Th.Indriati W²

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto, Semarang 50232

²Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, FMIPATI, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto, Semarang 50232

*Email: adhiteknik@gmail.com

Abstrak

Sistem on-grid pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu sistem dimana PLTS secara langsung terhubung ke jaringan listrik yang sudah ada (PLN). Pada sistem on-grid ini tidak menggunakan media penyimpan baterai, dan sistem ini hanya menggunakan satu peralatan konverter saja. Dengan sistem on-grid ini diharapkan masyarakat ikut membantu pemerintah dalam permasalahan energi listrik. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk merencanakan sistem on-grid menggunakan photovoltaic. Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian adalah mengumpulkan data-data sebagai pendukung penelitian meliputi data identifikasi peralatan listrik, beban listrik, dan spesifikasi komponen sistem on-grid yang digunakan, menetapkan besarnya daya yang akan dibangkitkan dalam sistem on-grid, menghitung jumlah panel surya yang akan digunakan, menetapkan susunan panel surya, dan menetapkan kapasitas inverter yang digunakan. Berdasarkan data beban Gedung Utama maka dapat direncanakan kapasitas panel surya 50 KWp, dengan spesifikasi PV tipe BSM500M-96 dan 100 unit modul PV. Dalam pemasangannya modul PV ada yang terhubung secara seri maupun parallel dan tergantung besarnya tegangan input inverter on-grid yang digunakan. Berdasarkan spesifikasi inverter Sunny Tripower 60, tegangan input inverter adalah 570 V sampai dengan 800 V DC. Jumlah modul dalam hubungan seri adalah 13 modul PV, sehingga dalam hubungan seri tegangan keluarannya 632,19 V DC, sedangkan arus keluaran dalam hubungan seri ini sebesar 10,28 A. Dalam sambungan parallel. Jumlah modul PV dalam sambungan parallel adalah 8. Tegangan keluaran modul PV adalah 632,19 V DC, dengan arus keluaran sebesar 82,24 A. Dengan demikian daya keluaran yang dihasilkan dengan jumlah modul PV 100 adalah $82,24 \times 632,19 = 51,99$ KWp. Jadi sudut kemiringan panel surya maksimum adalah sebesar 16,45°. Kemiringan menghadap ke arah utara.

Kata kunci : Inverter On-Grid, Panel Surya, Energi Matahari.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu energi yang banyak digunakan di industri dan rumah tinggal. Sistem on-grid pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan suatu sistem dimana PLTS secara langsung terhubung ke jaringan listrik yang sudah ada (PLN). Pada sistem on-grid ini tidak menggunakan media penyimpan baterai, dan sistem ini hanya menggunakan satu peralatan konverter saja (A.A.Ngurah Bagus Budi Nathawibawa, 2017). Dengan sistem on-grid ini diharapkan masyarakat ikut membantu pemerintah dalam permasalahan energi listrik, dimana pada siang hari masyarakat yg menggunakan sistem on-grid ini bisa langsung menggunakan energi listrik dan mengirimkan kelebihan energi listrik, sedangkan pada malam hari bisa menerima sumber dari jaringan listrik utama. (Adhi K, 2018).

Energi matahari (surya) banyak memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Salah satu pemanfaatan energi surya yang bisa dilaksanakan adalah dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pada Tesis ini akan di rancang suatu sistem tenaga listrik solar cell dengan kapasitas 10 MW on-grid yang berlokasi di sekitar wilayah kota Yogyakarta. Kinerja sistem tenaga listrik solar cell 10 MW on-grid disimulasikan dengan menggunakan software RETScreen Clean Energy Project Analysis software, yang dirancang oleh *Natural Resources Canada*. Proyek ini dimulai dengan studi *prefeasibility* sistem tenaga listrik solar cell 10 MW on-grid menggunakan software RETScreen yang memiliki database yang luas dari data meteorologi termasuk radiasi global harian horisontal surya dan juga database berbagai komponen sistem energi terbarukan dari produsen yang berbeda. Kinerja teknis dan finansial dari sistem tenaga listrik solar cell 10 MW on-grid disimulasikan dengan menggunakan software RETScreen. Analisis awal dari hasil simulasi

menunjukkan bahwa proyek ini secara sosial bermanfaat bagi masyarakat. Rancangan ini diharapkan dapat digunakan sebagai model untuk mengembangkan jaringan Sistem Tenaga Listrik Tenaga Surya (PLTS) (Sigit Sukmajati, 2015). Pasokan listrik Rumah Tinggal selama ini disuplai oleh PLN dengan waktu operasi 24 jam, dibutuhkan suplai tambahan energi terbarukan untuk menjadikan rumah yang mempunyai energi mandiri. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem penyedia energi listrik tenaga surya untuk membantu pasokan listrik rumah tinggal pada skema pembangkit listrik hybrid PLTS-PLTB-PLN. Sistem PLTS dimanfaatkan untuk mengurangi pemakaian energi yang di suplai PLN. Hasil penelitian menunjukkan telah dirancang sistem PLTS pada skema pembangkit hibrida PLTS-PLTB-PLN dengan kapasitas inverter 1000W dengan gelombang kotak termodifikasi, baterai 17,28Ah, pembangkitan panel surya sebesar 92,11Wp. Hasil pengujian menunjukkan besarnya energi optimal yang dihasilkan PLTS adalah sebesar 297Wh/hari atau sebesar 5,25% sedangkan kontribusi PLTB 0,33% (Rocky Alfanz, 2015).

Dalam penelitian di Indonesia khususnya di kota Dumai, rata-rata radiasi matahari bulanan pada permukaan horizontal di Kota Dumai dalam setahun adalah sebesar 4.81 kWh/m²/hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui analisis teknis PLTS menggunakan data beban penerangan di Gedung Terpadu PT. Pertamina RU II Dumai sebesar 496 kWh untuk menentukan kapasitas sistem PLTS mencakup modul PV, dan inverter sentral, perhitungan biaya, simulasi menggunakan software PVsyst dan analisis ekonomi. Analisis ekonomi digunakan untuk mengevaluasi keberlangsungan pengoperasian PLTS menggunakan beberapa metode, yaitu NPW (Net Present Worth), CF (Cash Flow analysis), B-CR (Benefit–Cost Ratio analysis), dan PP (Payback Period). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan untuk memenuhi beban harian sebesar 496 kWh dapat disuplai dari sistem PLTS dengan kapasitas photovoltaic array sebesar 517 kWp, dan inverter sebesar 100 kW. Nilai CFB sebesar Rp.108.943.024.578, CFC sebesar Rp.23.263.500.042, NPV sebesar Rp.85.679.524.536, BCR sebesar 30,9 dan PP selama 17,5 tahun (Jufrizel, 2017). Suatu PLTS on-grid akan menyalurkan daya listrik ke jaringan PLN pada kondisi normal (Pande K. B. Sutawan, 2015). Namun saat suplai jaringan padam (islanding), PLTS on-grid juga tidak bisa beroperasi sebab hilangnya sinyal acuan yang digunakan sebagai referensi bagi inverter pada proses sinkronisasi. Sehingga ada potensi kehilangan daya listrik padahal PLTS dapat digunakan sebagai sumber energi listrik pengganti saat PLN tidak dapat melayani konsumen (Eric Timotius Abit Duka, 2018).

Naiknya harga BBM tahun 2004, biaya operasional dan pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) terus meningkat. Akibatnya 82 % dari PLTD yang ada di Indonesia, sudah tidak dapat beroperasi selama 24 jam, sehingga di beberapa daerah terjadi pemadaman secara bergantian (Jufrize, 2017). Mulai tahun 2007 Pemerintah menggalakan program energi listrik baru terbarukan. Salah satu energi baru terbarukan adalah perencanaan pembangkit listrik tenaga surya atau PLTS (Tirta Samuel Mehang, 2015). Kapasitas yang direncanakan untuk pembangkitan mulai terkecil 25 kWp hingga 1 MWp. Tujuan yang ingin dicapai adalah menghasilkan acuan studi perencanaan PLTS Kapasitas 25 kWp, meliputi jumlah modul yang diperlukan, baik hubungan seri maupun paralel, spesifikasi modul agar disesuaikan dengan kapasitas inverter, serta menghasilkan pengujian PLST pada saat beban nol maupun berbeban, terhadap intensitas sinar matahari (M. Hariansyah, 2009). Agar penelitian yang akan dilakukan dapat terarah dengan baik, maka terlebih dahulu diajukan perumusan masalah yang akan diteliti yaitu Apakah photovoltaic tanpa sumber baterai yang digunakan mampu memberikan sumber listrik satu fasa secara maksimum? Apakah sistem on-grid yang direncanakan mampu bekerja menyediakan sumber listrik untuk membantu sumber listrik PLN, secara bersama-sama melayani beban? Rancangan alat yang akan dihasilkan dapat digunakan warga masyarakat dalam mengurangi pembayaran listrik PLN. Penelitian yang dihasilkan dapat digunakan untuk mengembangkan riset tentang energi listrik dan pengendali, khususnya masalah energi terbarukan. Untuk Universitas PGRI Semarang diharapkan dapat menjadi salah satu informasi, evaluasi, dan referensi dalam meningkatkan efisiensi dalam rangka penghematan daya listrik.

2. METODOLOGI

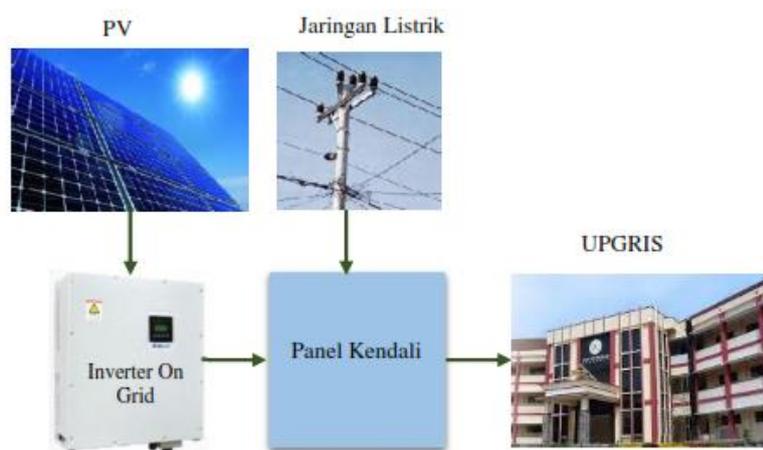
Identifikasi Gedung Utama Universitas PGRI Semarang dalam penelitian sebelumnya, digunakan untuk mengetahui besar dan karakteristik beban. Berdasarkan data beban dan daya terpasang di Gedung Utama (GU) digunakan untuk merancang dan menghitung sumber listrik

dengan energy matahari menggunakan inverter on-grid. Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- Mengumpulkan data-data sebagai pendukung penelitian meliputi data identifikasi peralatan listrik, beban listrik, dan spesifikasi komponen sistem on-grid yang digunakan.
- Menetapkan besarnya daya yang akan dibangkitkan dalam sistem on-grid.
- Menghitung jumlah panel surya yang akan digunakan.
- Menetapkan susunan panel surya.
- Menetapkan kapasitas inverter yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gedung utama Universitas PGRI Semarang mempunyai tiga sumber listrik tiga fasa, sehingga dalam pelaksanaan penelitian identifikasi ini berfokus pada salah satu sumber tenaga listrik. Beban listrik dari ketiga sumber tersebut sama besar dan jenis beban yang digunakan juga sama. Agar dapat memperoleh tegangan atau arus yang diharapkan, maka umumnya masing-masing sel surya dihubungkan satu sama lainnya baik secara dalam hubungan seri” atau secara paralel untuk membentuk suatu rangkaian PV yang biasanya disebut modul. Sebuah modul PV umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 72 sel. Beberapa modul PV dihubungkan untuk membentuk satu rangkaian tertentu disebut PV Panel, sedangkan jika modul PV jika dihubungkan secara baris dan kolom disebut PV Array.



Gambar 1. Rencana sistem on-grid Gedung Utama UPGRIS.

Tabel 1. Beban tiap lantai gedung utama.

Lokasi	Nama Beban	Kapasitas Daya (Watt)
Lantai 2	AC	7.46
	Lampu	3.58
	Komputer	1.8
Lantai 3	AC	8.206
	Lampu	3.4
	Komputer	4.8
Lantai 4	AC	5.968
	Lampu	1.476
	LCD	400
Lantai 5	AC	5.968
	Lampu	3.6
	LCD	400

Berdasarkan data beban Gedung Utama maka dapat direncanakan kapasitas panel surya 50 KWp. Berdasarkan spesifikasi PV menggunakan tipe BSM500M-96 daya keluaran tiap modul 500 Watt, sehingga kebutuhan modul sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah modul} &= \text{daya yang direncanakan} / \text{daya modul} = 50.000 / 500 \\ &= 100 \text{ unit modul PV} \end{aligned}$$

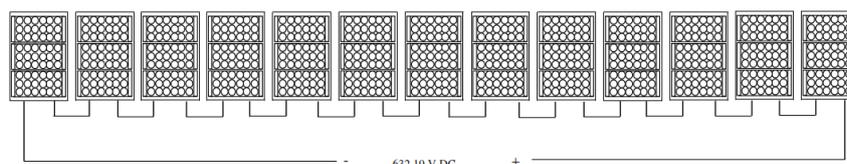
Tabel 2. Spesifikasi modul photovoltaic.

Module	BSM500M-96
Peak Power Watts-P Max (Wp)	500
Power Output Tolerance-P Max (W)	-
Maximum Power Voltage-V MPP (V)	48.63
Maximum Power Current-I MPP (A)	10.28
Open Circuit Voltage - Voc (V)	59.01
Short Circuit Current - Isc (A)	10.87
Module Efficiency - η_m (%)	19.51
Temperature Coefficient of Isc (α_{Isc})	+0.058%/°C
Temperature Coefficient of Vsc (β_{Isc})	-0.330%/°C
Temperature Coefficient of Pmax (γ_{Pmax})	-0.410%/°C
STC Irradiance 1000 W/m ² , Cell Temperature 25, Air Mass 1.5	

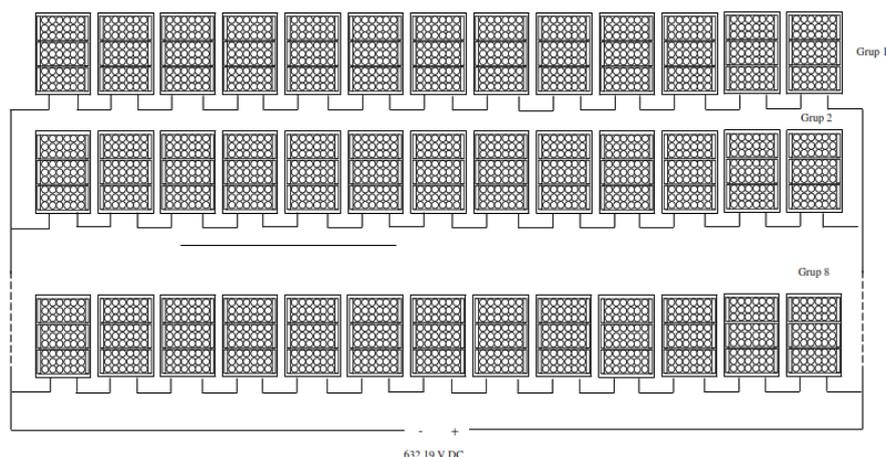
Tabel 3. Spesifikasi inverter on-grid.

Input (DC)	Output (AC)
Max. generator power 9000 Wp	Rated power at nominal voltage 60000 W
Rated power (DC) 61240 W	Max apparent AC power 60000 VA
Max input voltage 1000 V	Max.reactive power 60000 Var
MPP voltage range 570 V to 800 V	Nominal AC voltage 3 /PE,400 V to 480 V, $\pm 10\%$
Min input voltage 565 V/ 680 V	AC voltage range 360 V to 530 V
Start input volatge 600V / 720 V	AC power frequency/range 50 Hz / 44 Hz to 55 Hz
Max.input current/ short circuit current 110 /150 A	Rated power frequency/rated grid voltage 50 Hz / 400 V
Number of independent MPP inputs 1/1	Max.output current 87 A / 72 A / 87 A

Dalam perencanaan ini dibutuhkan modul PV dengan jumlah 100 unit. Dalam pemasangannya modul PV ada yang terhubung secara seri maupun parallel dan tergantung besarnya tegangan input inverter on-grid yang digunakan. Berdasarkan spesifikasi inverter Sunny Tripower 60, tegangan input inverter adalah 570 V sampai dengan 800 V DC. Selain itu tegangan keluaran dari modul PV 48,63 V dengan arus keluaran 10,28 A. Untuk modul BSM500M-96 mempunyai 96 cell, sehingga jumlah modul dalam hubungan seri adalah $570 / 48,63 = 12$ modul atau $800 / 48,63 = 17$ modul PV. Dalam hal ini digunakan 13 modul PV, sehingga dalam hubungan seri tegangan keluarannya 632,19 V DC, sedangkan arus keluaran dalam hubungan seri ini sebesar 10,28 A. Untuk menghasilkan arus yang besar sesuai dengan perhitungan jumlah modul PV, juga dilakukan perhitungan dalam sambungan parallel. Jumlah modul PV dalam sambungan parallel adalah $82,2 / 10,28 = 8$.



Gambar 2. Modul PV dalam sambungan seri.



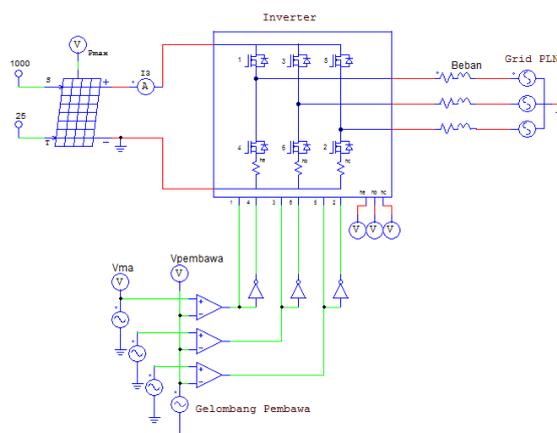
Gambar 3. Modul PV dalam sambungan seri dan parallel.

Tegangan keluaran modul PV berdasarkan gambar 3 adalah 632,19 V DC, dengan arus keluaran sebesar $10,28 \times 8 = 82,24$ A. Dengan demikian daya keluaran yang dihasilkan dengan jumlah modul PV 100 adalah $82,24 \times 632,19 = 51,99$ KWp. Untuk menentukan kemiringan memerlukan ketelitian dalam menentukan sudut kemiringan panel surya, hal ini sangat dibutuhkan agar panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari yang optimal pada kawasan Universitas PGRI Semarang, khususnya pada Gedung Utama. Berdasarkan peta geografi di Jalan Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto Semarang adalah $07^{\circ} 00' \text{ LS } 110^{\circ} 24' \text{ BT}$. Kemiringan panel surya dapat dihitung sebagai berikut :

$$\alpha = 90^{\circ} + \text{lat} - \delta = 90^{\circ} + 07^{\circ} - 23,45^{\circ} = 73,55^{\circ}$$

$$\beta = 90^{\circ} - \alpha = 90^{\circ} - 73,55^{\circ} = 16,45^{\circ}$$

Jadi sudut kemiringan panel surya maksimum adalah sebesar $16,45^{\circ}$. Kemiringan menghadap kea rah utara. Selain itu dari hasil rancangan dapat disimulasikan untuk mengetahui hasil jika menggunakan model simulasi. Untuk rancangan sistem simulasi terlihat pada gambar 4, simulasi ini memperlihatkan panel surya yang terhubung ke inverter on-grid. Tegangan keluaran dari inverter tersebut terhubung ke grid PLN tiga fasa. Gambar 5 memperlihatkan tegangan keluaran dari panel surya (yang sudah terhubung seri dan parallel). Tegangan keluaran simulasi adalah 623,19 V DC, sedangkan daya keluaran dari panel surya terlihat pada gambar 6. Besarnya daya keluaran panel surya dengan model simulasi adalah 51.989 Wp atau 51,98 KWp.



Gambar 4. Model simulasi sistem inverter on-grid.



Gambar 5. Tegangan keluaran panel surya.

4. KESIMPULAN

- Sistem pembangkit listrik photovoltaic menggunakan inverter hanya dapat digunakan pada siang hari, selain itu dengan sistem ini dapat mengurangi beban listrik dan pembayaran listrik PLN.
- Berdasarkan data beban Gedung Utama maka dapat direncanakan kapasitas panel surya 50 kWp. Berdasarkan spesifikasi PV menggunakan tipe BSM500M-96 daya keluaran tiap modul 500 Watt, sehingga kebutuhan modul adalah 100 modul PV.
- Jumlah modul dalam hubungan seri digunakan 13 modul PV dengan tegangan keluarannya 632,19 V DC, sedangkan arus keluaran dalam hubungan seri ini sebesar 10,28 A. Dalam sambungan parallel jumlah modul PV adalah 8, dengan arus keluaran sebesar 82,24 A. Dengan demikian daya keluaran yang dihasilkan dengan jumlah modul PV 100 adalah 51,99 kWp
- Sudut kemiringan panel surya maksimum adalah sebesar $16,45^\circ$ dan kemiringan tersebut menghadap ke arah utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Kusmantoro, 2018, Penggunaan Sumber Energi Photovoltaic Pada Jaringan Off Grid Untuk Beban Listrik Pada Rumah Tinggal, Prosiding SNST ke-9 Tahun 2018 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, pp.1-6.
- A.A.Ngurah Bagus Budi Nathawibawa, I Nyoman Satya Kumara, Wayan Gede Ariastina, 2017, Analisis Produksi Energi dari Inverter pada Grid-connected PLTS 1 MWp di Desa Kayubihi Kabupaten Bangli, Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 16, No. 1, pp.131-140.
- Eric Timotius Abit Duka, I Nyoman Setiawan, Antonius Ibi Weking, 2018, Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Hybrid Pada Area Parkir Gedung Dinas Cipta Karya, Dinas Bina Marga Dan Pengairan Kabupaten Badung, E-Journal SPEKTRUM Vol. 5, No. 2, pp.67-73.
- Jufrize, Muhammad Irfan, 2017, Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Gri, Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9, pp.430-436.
- M. Hariansyah, 2009, Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Kapasitas 25 kWp, Elektriese, Vol 1 No 1, pp.1-9.
- Pande K. B. Sutawan, I Nyoman Satya Kumara, W.G. Ariastina, 2017, Simulasi Sistem Kontrol Operasi On Grid Serta Islanding Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana, Jurnal Teknologi Elektro, Vol. 14, No.2, pp.57-63.
- Rocky Alfan, Fadjar Maulana K, Heri Haryanto, 2015, Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTSPLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tingga, Jurnal SETRUM – Volume 4, No. 2, pp.34-42.
- Sigit Sukmajati, Mohammad Hafidz, 2015, Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta, Jurnal Energi Dan Kelistrikan, Vol.7 No.1, pp.49-63.
- Tirta Samuel Meheng, Murtiyanto Santoso, Yusak Tanot, 2017, Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di Kecamatan Ngadu Ngala, Kabupaten Sumba Timur, NTT, Jurnal Teknik Elektro, Vol. 10, No. 1, Maret 2017, pp.1-10.