

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP V.12.6 DI DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS DIPONEGORO

Sokha Meidi Alfaridzi¹⁾, Agung Nugroho dan Enda Wista Sinuraya

Program Studi Sarjana Departemen Teknik Elektro, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: ridzialfa67@gmail.com

Abstrak

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.

Kata kunci: PLTS ETAP, PLTS On Grid, photovoltaic.

Abstract

Industrial Engineering Department of Diponegoro University located in Semarang, Central Java. This location have large amount of irradiation, this can be used to build Solar Power Generating Station (PLTS). ETAP v.12.6 is a software that can be used for simulating an electrical power system. This research aims to design solar power generation systems that are On Grid at Industrial Engineering Department with analyzing power flow and power losses at that system. By using ETAP, it is expected to know the value of power flow and power losses that flowing in electrical power system at Industrial Engineering Department. Maximum power that can be produced PLTS in this Final Project is 10 kW. Utilization of PLTS can reduce the value of power that supplied by PLN. The average value of power losses in this system is 2.7 kW, 5.6 kvar.

Keywords: PLTS ETAP, PLTS On Grid, photovoltaic.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak tepat berada di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Hal ini dikarenakan besarnya radiasi matahari bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa [1]. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka Indonesia mempunyai modal besar guna mengembangkan teknologi pembangkitan listrik menggunakan teknologi panel surya (*photovoltaic*) yang berguna untuk menggantikan jenis pembangkit listrik konvensional yang berasal dari minyak bumi yang bersifat *irreversible* atau tidak dapat diperbaharui [2].

Teknologi panel surya (*photovoltaic*) memiliki komponen utama berupa panel surya yang terdiri dari sel-sel surya

dengan penyusun bahan semikonduktor yang berfungsi untuk mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik searah. Beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi daya keluaran sel surya adalah radiasi matahari, temperatur sel surya, sudut kemiringan pada panel surya, dan pengaruh bayangan (*shading factor*) [3]. Daya keluaran yang dihasilkan sel surya sangat bergantung pada radiasi yang diterima oleh modul surya, begitu pula dengan temperaturnya. Untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan, maka sel surya harus memperoleh radiasi matahari maksimal dan dibutuhkan temperatur relatif rendah agar daya keluaran yang dihasilkan meningkat. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) dengan sistem *on grid* harus menggunakan sistem MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) untuk memaksimalkan keluaran daya dari panel surya dan menggunakan *inverter* yang berguna untuk mengubah keluaran dari panel surya yang awalnya DC menjadi AC sehingga dapat disambungkan

dengan sistem PLN. Pada penelitian yang dilakukan oleh Linda Hassaine keluaran dari inverter harus memiliki bentuk gelombang *sinusoidal* sehingga arus dapat dialirkan dari panel surya menuju ke *grid* dengan nilai faktor daya dalam *range* tertentu [4].

Pada gedung perkuliahan umumnya untuk sumber energi listrik menggunakan sumber PLN yaitu dengan cara menarik jaringan distribusi pada tiang terdekat dengan beban. Namun, sekarang tidak hanya menggunakan sumber PLN saja melainkan terdapat sumber Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang dapat dimanfaatkan juga untuk mensuplai gedung perkuliahan yaitu dengan menggunakan *Photovoltaic* (PV) [5]. Gedung perkuliahan dengan catu daya tenaga surya merupakan sebuah alternatif yang murah dan hemat untuk digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi gratis dan tak terbatas yang disediakan oleh alam yaitu berasal dari energi matahari [6].

Universitas Diponegoro sebagai salah satu Perguruan Tinggi Negeri (PTN) terbesar di Indonesia memiliki 8 lokasi kampus yang tersebar diberagam daerah di Jawa Tengah sebagai sarana perkuliahan. Salah satunya adalah kampus yang terletak di Jalan Prof. Soedarto, S.H., Kelurahan Tembalang, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah. Kampus UNDIP Tembalang ini merupakan pusat dari segala aktivitas civitas akademika Universitas Diponegoro yang terdiri dari 11 fakultas dan 1 sekolah vokasi diatas lahan seluas 2.009.862 m² [7].

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satunya energi matahari. Dimana Indonesia sendiri merupakan negara yang terletak tepat berada di garis khatulistiwa dan memberikan beragam keuntungan serta potensi besar dalam hal pemanfaatan energi matahari. Hal ini dipengaruhi besarnya radiasi matahari yang bergantung pada letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa, sedangkan radiasi matahari memiliki peranan penting untuk teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber utama penghasil energi listrik [8].

Sumber energi matahari di Indonesia sangat melimpah dan selalu ada sepanjang tahun dikarenakan letak geografis Indonesia berada di sekitar garis khatulistiwa. Indonesia mempunyai tingkat radiasi rata-rata yang relatif tinggi yaitu sebesar 4,50 kWh/m²/hari [9].

Berdasarkan letak geografis yang strategis, hampir seluruh wilayah di Indonesia berpotensi untuk dikembangkan PLTS dengan daya rata-rata mencapai 4 kWh/m². Wilayah barat Indonesia memiliki distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan 10% sementara wilayah timur Indonesia berpotensi penyinaran sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Hal ini diperlukan pemanfaatan secara baik dengan percepatan

pembangunan pembangkit listrik tenaga surya di berbagai daerah yang berpotensi di seluruh kawasan Indonesia [10]. Tenaga surya merupakan salah satu sumber yang cukup menjanjikan di Indonesia dimasa sekarang dan dimasa yang akan datang. Energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya hanya diterima oleh permukaan bumi sebesar 51% dari total energi pancaran matahari. Pada siang hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt/m². Jika satu unit panel sel surya seluas 1 m² memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 Watt. Saat ini efisiensi modul sel surya komersial berkisar antara 5%-15% tergantung material penyusunnya [11].

Intensitas radiasi matahari merupakan banyaknya energi yang diterima bumi per satuan luas per satuan waktu yang nilainya berubah – ubah bergantung pada beberapa faktor, seperti letak astronomis suatu tempat terutama garis lintang lokasi, gerak semu harian dan tahunan matahari, serta keadaan atmosfer bumi [12].

PLTS pada dasarnya adalah pencatu daya yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dari skala kecil sampai dengan yang besar, baik secara mandiri maupun *hybrid* (dikombinasikan dengan sumber energi lain), baik dengan metode desentralisasi (satu rumah satu pembangkit) maupun dengan metode sentralisasi (listrik didistribusikan dengan jaringan kabel). PLTS merupakan sumber energi terbarukan, dimana sinar matahari sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya. Instalasi, operasi, dan perawatan PLTS sangat mudah sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat. Selain itu PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, tidak menimbulkan emisi gas, tidak bising, bekerja pada temperatur ruang, dan tidak ada resiko bencana terhadap keselamatan manusia juga lingkungan [13].

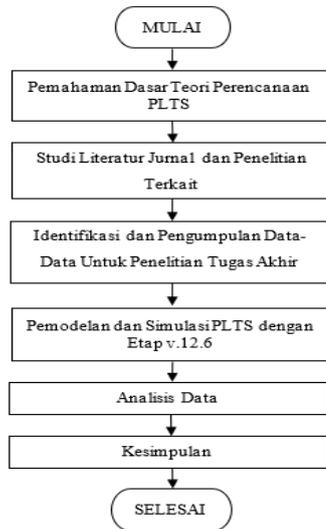
ETAP dapat digunakan untuk membuat proyek sistem tenaga listrik dalam bentuk diagram satu garis (*single line diagram*) dan jalur sistem pentanahan untuk berbagai bentuk analisis, antara lain: aliran daya, hubung singkat, starting motor, *transient stability*, koordinasi relay proteksi dan sistem harmonisasi. Untuk perancangan pembangkit listrik tenaga surya yang perlu dilakukan adalah menganalisa aliran daya, setelah itu memasukkan data – data peralatan yang ada sesuai dengan nameplate masing – masing peralatan, untuk pembangkit listrik tenaga surya tegangan rendah membutuhkan peralatan seperti power grid, trafo, low voltage circuit breaker, busbar, beban statik hingga beban motor induksi. Semakin banyak data nameplate / spesifikasi peralatan dan kondisi aktualnya, maka hasil simulasi juga mendekati valid [14].

2. Metode

2.1. Perancangan Simulasi

Diagram alir dari Tugas Akhir berjudul “Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya menggunakan Software

ETAP v.12.6 di Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro” dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

2.2. Pengambilan Data

Pengumpulan data Tugas Akhir ini dilakukan pada gedung Departemen Teknik Industri, dimana pengambilan data dilakukan secara langsung pada panel di masing-masing lantai, luas lahan parkir yang akan digunakan untuk pemasangan PLTS. Data yang diambil meliputi beberapa data seperti data single line diagram, data beban (penerangan dan AC), data sumber dari PLN, serta data pendukung seperti data temperature dan index radiasi dari website NASA. Hasil pengambilan data pada Departemen Teknik Industri diperoleh sebagai berikut:

2.2.1. Data Single Line Diagram

Pada data single line diagram diperoleh data dari sumber PLN sebesar 20kV lalu diturunkan menggunakan trafo stepdown menjadi 380V dan masuk ke panel LVMDP (Low Voltage Main Distribution Panel) dan setelah itu mengalir ke beban. Di Departemen Teknik Industri memiliki 4 lantai dan bermacam-macam jenis bebannya, mulai dari beban penerangan, beban AC, dan beban Stop kontak 3 Phase untuk kebutuhan lab. Pada lantai 1 memiliki beban penerangan dan beban AC total daya yang diperlukan sebesar 52.610 Watt, pada lantai 2 beban penerangan dan beban AC total daya yang diperlukan sebesar 26.633 Watt, pada lantai 3 beban penerangan dan beban AC total daya yang diperlukan sebesar 23.545 Watt, dan pada lantai 4 beban penerangan dan beban AC total daya yang diperlukan sebesar 22.190 Watt, sehingga daya total di gedung Departemen Teknik Industri sebesar 124.978 Watt.

2.2.2. Data Beban

Data Beban yang diperoleh pada saat pengambilan data di Departemen Teknik Industri meliputi data beban penerangan, data beban AC dan beban stopkontak 1 Phase dan stopkontak 3 Phase. Pada gedung Departemen Teknik Industri terdiri dari 4 lantai, dimana setiap lantai memiliki panel penerangan dan panel AC sendiri-sendiri dan berbeda-beda jenis bebannya dimasing-masing lantai.

A. Beban Lantai 1

- Panel Penerangan Lantai 1

Tabel 1. Panel Penerangan Lantai 1

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
Lampu TKO 2 x 18 Watt	36	41	1.476
Indusrial Light TB E27 80 Watt HPLN	80	12	960
PLC 11 Watt + Fitting Barat + TL Ring 32 W (SBC ACR 32 W)	11	10	110
Stop Kontak 1 Phase 200 Watt	200	23	4.600
Stop Kontak 3 Phase 2200 Watt	6.600	5	33.000
Total Daya			40.210

- Panel AC Lantai 1

Tabel 2. Panel AC Lantai 1

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
AC 2,5 PK	2.000	3	6.000
AC 2 PK	1.600	4	6.400
Total Daya			12.400

B. Beban Lantai 2

- Panel Penerangan Lantai 2

Tabel 3 Panel Penerangan Lantai 2

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
Lampu RMO 2 x 36 Watt	72	34	2.448
PLC 11 Watt + Fitting Barat + TL Ring 32 W (SBC ACR 32 W)	11	11	121
Stop Kontak 1 Phase 200 Watt	200	16	3.200
Total Daya			5.833

- Panel AC Lantai 2

Tabel 4. Panel AC Lantai 2

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
AC 2,5 PK	2000	8	16.000
AC 2 PK	1600	3	4.800
Total Daya			20.800

C. Beban Lantai 3

- Panel Penerangan Lantai 3

Tabel 5. Panel Penerangan Lantai 3

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
Lampu TKO 2 x 36 Watt	72	50	3.600
Lampu TKO 2 x 18 Watt	36	10	360
PLC 11 Watt + Fitting	11	11	121
Barat + TL Ring 32 W (SBC ACR 32 W)	32	2	64
Stop Kontak 1 Phase 200 Watt	200	15	3.000
Total Daya			7.145

- Panel AC Lantai 3

Tabel 6. Panel AC Lantai 3

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
AC 2,5 PK	2.000	7	14.000
AC 1 PK	800	3	2.400
Total Daya			16.400

D. Beban Lantai 4

- Panel Penerangan Lantai 4

Tabel 7. Panel Penerangan Lantai 4

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
Lampu RMO 2 x 18 Watt	36	36	1.296
Lampu TKO 2 x 18 Watt	36	20	720
PLC 11 Watt + Fitting	11	10	110
Barat + TL Ring 32 W (SBC ACR 32 W)	32	2	64
Stop Kontak 1 Phase 200 Watt	200	19	3.800
Total Daya			5.990

- Panel AC Lantai 4

Tabel 8. Panel AC Lantai 4

Jenis Beban	Per Watt	Jumlah	Total Daya
AC 2,5 PK	2.000	6	12.000
AC 1 PK	800	6	4.800
Total Daya			16.800

2.2.3. Data Sumber

Pada sistem kelistrikan pada Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro, sumber yang digunakan adalah Sumber AC 3 fasa atau *supply* dari PLN dan juga Generator yang berguna sebagai *back up* apabila sumber dari PLN mati. Sistem PLN berasal dari jaringan distribusi tegangan menengah lalu di *step down* oleh transformator 3 fasa berkapasitas 200 kVA dari PLN sehingga tegangan yang digunakan oleh sistem adalah 0,38 kV. Generator yang digunakan sebagai *back up* berkapasitas 8 kW dimana saat listrik PLN mati generator hanya menyuplai beban-beban yang dianggap penting saja. Pada tugas akhir ini di rancang

juga panel surya yang akan digunakan dalam sistem *on grid* untuk membantu suplai listrik PLN ke sistem. Kapasitas dari panel surya yang digunakan adalah sebesar 10 kW dengan menggunakan 38 panel dimana tiap panel memiliki kapasitas 280 Watt.

3. Hasil dan Analisis Simulasi ETAP v.12.6

3.1. Load Flow Sistem PLN

Data dari hasil simulasi diperoleh data Load Flow meliputi data profil daya dan profil *losses* pada sumber PLN dan PV, dimana dapat diketahui rugi-rugi di setiap Bus maupun rugi-rugi di setiap *cable* sebagai berikut:

- Profil Daya

Tabel 9. Profil Daya Sistem Sumber PLN

No	Keterangan	P (MW)	Q (Mvar)	S (MVA)
1	Bus 1	0.107	0.070	0.128
2	Bus 2	0.105	0.065	0.124
3	Bus 3	0.105	0.065	0.123
4	Bus 4	0.035	0.022	0.041
5	Bus 5	0.010	0.006	0.012
6	Bus 6	0.006	0.004	0.007
7	Bus 7	0.017	0.011	0.020
8	Bus 8	0.006	0.004	0.007
9	Bus 9	0.013	0.008	0.016
10	Bus 10	0.005	0.003	0.006
11	Bus 11	0.014	0.009	0.016

- Profil Losses

Tabel 10. Profil Losses pada Sistem Sumber PLN

Keterangan	Rating	Losses Daya		Tegangan (V)		Losses
		kW	kvar	from	to	
Trafo T1	20000	1.7	5.3	20000	19820	180
Cable 1	380	0.4	0.2	376.58	375.06	1.52
Cable 2	380	0.2	0.1	375.06	373.54	1.52
Cable 3	380	0.0	0	375.06	374.3	0.76
Cable 4	380	0.0	0.0	375.06	373.54	1.52
Cable 5	380	0.2	0.0	375.06	372.4	2.66
Cable 6	380	0.0	0.0	375.06	374.68	0.38
Cable 7	380	0.1	0	375.06	373.92	1.14
Cable 8	380	0.0	0.0	375.06	373.54	1.52
Cable 9	380	0.1	0.0	375.06	372.4	2.66

3.2. Load Flow Sistem PLN Dan PV

- Profil Daya

Tabel 11. Profil Daya Sistem Sumber PLN Dan PV

No	Keterangan	P (MW)	Q (Mvar)	S (MVA)
1	Bus 1	0.098	0.063	0.116
2	Bus 2	0.106	0.065	0.125
3	Bus 3	0.106	0.065	0.124
4	Bus 4	0.035	0.022	0.041
5	Bus 5	0.010	0.006	0.012
6	Bus 6	0.006	0.004	0.007
7	Bus 7	0.017	0.011	0.020
8	Bus 8	0.006	0.004	0.007
9	Bus 9	0.013	0.008	0.016
10	Bus 10	0.005	0.003	0.006
11	Bus 11	0.014	0.009	0.016

- Profil Losses

Tabel 12. Profil Losses Sistem Sumber PLN Dan PV

Keterangan	Rating	Losses Daya		Tegangan (V)		Losses
		kW	kvar	from	to	
Trafo T1	20000	1.4	4.4	20000	19880	120
Cable 1	380	0.5	0.2	377.72	376.2	1.52
Cable 2	380	0.2	0.1	376.2	375.06	1.14
Cable 3	380	0.0	0	376.2	375.44	0.76
Cable 4	380	0.0	0.0	376.2	375.06	1.14
Cable 5	380	0.2	0.0	376.2	373.92	2.28
Cable 6	380	0.0	0.0	376.2	376.2	0
Cable 7	380	0.1	0	376.2	375.06	1.14
Cable 8	380	0.0	0	376.2	374.68	1.52
Cable 9	380	0.1	0.0	376.2	373.92	2.28

4. Kesimpulan

Simulasi perancangan sistem pembangkit tenaga surya dengan sistem On Grid pada gedung Departemen Teknik Industri Universitas Diponegoro dengan menggunakan software Etap v.12.6 telah berhasil direalisasikan.

Daya maksimal keluaran PLTS yang di simulasikan sebesar 10 kW.

Pada percobaan menggunakan satu sumber (sumber PLN) daya yang mengalir pada Bus 1 hampir sama dengan daya yang mengalir pada Bus 2, hal ini disebabkan karena beban hanya disuplai dengan sumber PLN.

Pada percobaan menggunakan dua sumber (sumber PLN dan sumber PLTS), daya yang mengalir pada Bus 1 mengalami penurunan daya. Hal ini disebabkan karena beban di suplai menggunakan dua sumber yaitu sumber PLN dan sumber PLTS. Sumber PLTS mengalirkan daya sebesar 0.01 MW sedangkan sisanya di suplai oleh sumber PLN.

Pada percobaan dengan menggunakan sumber PLN didapatkan nilai rata-rata pada rugi-rugi daya sebesar 2.7 kW, 5.6 kvar.

Referensi

- [1]. Bien, L. E., Perancangan Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan, Universitas Trisakti, 2008.
- [2]. Bachtiar, Muhammad, "Prosedur Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Perumahan (*Solar Home System*)", SMARTek, vol.4, no.3, pp. 176-182, 2006.
- [3]. King, Boyson, & Kratochvil, *Analysis of Factors Influencing The Annual Energy Production of Photovoltaic Systems*, IEEE, 2002.
- [4]. Hassaine, Linda and Bengourina Mohamed Rida, "Control Technique for Single Phase Inverter Photovoltaic System Connected to the grid". Centre de Développement des énergies Renouvelables, CDER, BP62, Route de l'observatoire 16340 Bouzaréah, Alger, Algeria:2019.
- [5]. Puspa, Adevia Arva, Perancangan Kebutuhan Daya LPJU dengan Tenaga Surya pada Komplek Kantor Kabupaten Boyolali, Universitas Diponegoro, 2015.
- [6]. T.B. Sihombing, Donny, Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum dan Taman di Areal Kampus USU Dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya (Aplikasi di Areal Pendopo dan Lapangan Parkir), Universitas Sumatera Utara, 2013.
- [7]. Universitas Diponegoro, 2019. Lokasi Universitas Diponegoro. <https://www.undip.ac.id/language/id/lokasi> (diakses pada 24 Maret 2019).
- [8]. Bagaskoro, Bimo, Perancangan dan Analisis Ekonomi Teknik Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Off Grid Menggunakan Perangkat Lunak HOMER di Kawasan Wisata Pantai Pulau Cemara, Universitas Diponegoro, 2019.
- [9]. Sudradjat, Adjat, Sistem-Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya, BPPT Press, 2007.
- [10]. Tjasyono, Bayong, Klimatologi, Institut Teknologi Bandung, 2006. <https://icare-indonesia.org/kajian-potensi-energi-surya-di-indonesia-2/>
- [11]. Hanna, Patricia, Analisa Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok), Universitas Indonesia, 2012.
- [12]. Data Intensitas Penyinaran, Radiasi Matahari, dan Temperatur 2018. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Jawa Tengah, Stasiun Klimatologi Semarang, 2019.
- [13]. Depari, Andre Pranata, Pengaruh Kecepatan Angin dan Kelembaban Udara Pada Permukaan Panel Surya Komersil Terhadap Keluaran Yang Dihasilkan, Universitas Sumatera Utara, 2018.
- [14]. Lesnanto Multa, Restu Prima Aridani, Modul ETAP.