

# Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Rekind Daya Mamuju

Fitri Wildani <sup>1)</sup>, Syarifuddin <sup>2)</sup>, Sarma Thaha <sup>3)</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang

<sup>1</sup> [fitriwildanii12@gmail.com](mailto:fitriwildanii12@gmail.com)

<sup>2</sup> [syarifuddinbl@gmail.com](mailto:syarifuddinbl@gmail.com)

<sup>3</sup> [sarma.thaha@gmail.com](mailto:sarma.thaha@gmail.com)

## Abstrak

Selama beberapa tahun beroperasi PLTU Mamuju telah mengalami beberapa permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi unit pada umumnya dan secara spesifiknya pada efisiensi generator. Pada proses pembangkitan listrik PLTU Mamuju, daya rated generator sebesar 25 MW. Hal ini berdasarkan pada desain awal yang tertera pada manual book. Efisiensi generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor sering terjadinya derating (penurunan beban) dan trip (unit shutdown) serta faktor-faktor lain. Penelitian yang akan dilakukan adalah mencari nilai efisiensi generator lalu mencari pada saat kondisi pembebanan berapa efisiensi meningkat. Dalam mencari nilai efisiensi menggunakan aplikasi Matlab R2016a dengan memasukkan nilai data output generator menggunakan kurva pembebanan, data nameplate generator, dan data rugi-rugi daya pada generator untuk 3 pembebanan yaitu beban 50%, beban 80% dan beban 100%. kemudian mencari kondisi efisiensi optimum. Pada penelitian ini dilakukan dengan mengambil sampel selama 15 hari, Pada saat pembebanan 50% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.2696%, pembebanan 80% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.5236%, dan pembebanan 100% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.3463%. Mengacu pada manual book “ PLTU Mamuju 2x25 MW Coal-fired Steam Power Plant” diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar  $\pm 98$  %. Saat pembebanan dasar (50%) efisiensi menurun sebesar 0.7304%, pembebanan ekonomis(80%) efisiensi menurun sebesar 0.4764%, dan pembebanan puncak(100%) efisiensi menurun sebesar 0.6537%. Sehingga efisiensi optimum terjadi pada kondisi pembebanan 80% (ekonomis) nilai sebesar 97.5236%.

**Keywords :** Efisiensi Generator, PLTU Mamuju, Matlab R2016a

## I. PENDAHULUAN

Pada proses pembangkit listrik di PLTU Mamuju, Sulawesi Barat, daya *rated* yang dibangkitkan (*rated output*) oleh generator sebesar 25 MW. Hal ini berdasarkan pada desain awal yang tertera di *manual book*, dimana *manual book* ini dijelaskan secara detail tentang peralatan yang terdapat pada sebuah perusahaan. Secara aktual, daya yang dibangkitkan tidak statik pada nilai *rated*. PLTU Mamuju telah beroperasi kurang lebih 3 tahun dan telah mengalami beberapa permasalahan salah satunya menurunkan efisiensi pada generator.

Efisiensi generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTU. Semakin besar efisiensi generatornya maka keandalan sistemnya juga semakin baik. Namun selama beberapa tahun beroperasi, efisiensi generator mengalami penurunan akibat beberapa faktor sering terjadinya *derating* (penurunan beban) dan trip (*unit shutdown*) serta faktor-faktor lain.

Hal inilah yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian dengan judul “ Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2 x 25 MW PT. Rekind Daya Mamuju “

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Generator Sinkron

Pada dasarnya generator sinkron merupakan mesin listrik arus bolak balik (AC) mengubah masukan berupa energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik. Generator ini mempunyai dua jenis belitan, yaitu belitan jangkar (armatur) dan belitan medan (eksitasi). Kedua jenis belitan ini dapat ditempatkan pada stator (bagian yang diam) maupun pada rotor (bagian yang berputar). Generator yang digunakan pada pusat – pusat pembangkit tenaga listrik, ketiga belitan jangkarnya umumnya ditempatkan pada stator, sedangkan belitan medan ditempatkan pada rotor. Penempatan belitan medan pada rotor bagi generator yang berkapasitas daya besar lebih menguntungkan karena hanya dua cincin seret (*slip ring*) yang digunakan sehingga lebih sederhana dan kuat, dengan rugi – rugi *slip ring* yang lebih kecil. Selain itu, penempatan belitan jangkar pada stator lebih memungkinkan pemakaian isolasi yang lebih tebal sehingga memungkinkan pembangkit tegangan yang lebih tinggi pada terminal stator (Syarifuddin. 2013).

Generator bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Apabila rotor generator diputar pada kecepatan konstan, fluks magnetik yang dihasilkan arus eksitasi pada belitan medan rotor menginduksi tegangan pada belitan jangkar stator. Tegangan induksi stator ini meningkat secara *linier* sesuai dengan peningkatan arus eksitasi hingga terjadi kejenuhan pada inti rotor. Apabila terminal rotor dihubungkan dengan beban, akan mengalir arus pada belitan jangkar stator, dan terjadilah transfer daya

dari generator ke beban tersebut. Pada PLTU generator dikopel langsung dengan turbin uap kemudian akan menghasilkan tegangan listrik manakala turbin tersebut berputar. (A, Al haramain. 2019).

**B. Konstruksi Generator**

Generator tersusun dari dua bagian utama, yaitu bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor), dan diantara kedua bagian tersebut terdapat celah udara yang sempit (Syarifuddin.2013)

Stator merupakan bagian diam dari suatu generator, terdiri dari rumah/rangka stator, inti besi dan belitan stator. (Stefanus Windar 2012). Rotor sebagai bagian yang berputar pada generator, terdiri dari inti rotor, belitan rotor dan sikat-sikat pada slip ring Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa kutub menonjol (*salient pole*) dan kutub silinder (*non salient pole*). (D. William, Stevenson, Ir. 1984).

**C. Rugi – Rugi Daya Generator**

Rugi – rugi total yang terdapat pada generator sinkron terdiri dari rugi – rugi tembaga, rugi besi dan rugi mekanik (Abdul Kadir, 1983).

1. Rugi tembaga ini terdiri dari kumparan stator dan kumparan rotor.

$$P_{cu,s} = 3 \times I_a^2 \times R_a \tag{1}$$

$$P_{cu,r} = I_f^2 \times R_f \tag{2}$$

- $P_{cu,s}$  : Rugi tembaga pada stator (W)
- $P_{cu,r}$  : Rugi tembaga pada rotor (W)
- $I_a$  : Arus pada stator (A)
- $R_a$  : Tahanan pada stator (ohm)
- $I_f$  : Arus pada rotor (A)
- $R_f$  : Tahanan pada rotor (ohm)

2. Rugi besi disebut juga rugi magnetik yang terdiri dari rugi histerisis dan rugi arus pusar atau arus eddy (muslis, Supari, 2008).

Rugi histerisis ( $P_h$ ) bentuk persamaan berikut :

$$P_h = \eta_h \cdot B_{max}^2 \cdot f \cdot v \text{ (watt)} \tag{3}$$

- $\eta_h$  = koefisien *steinmetz* histerisis. Tabel 1
- $B$  = kerapatan fluks (Wb/m<sup>2</sup>)
- $V$  = volume inti (m<sup>3</sup>)
- $f$  = frekuensi (Hz)

Tabel 1. Nilai koefisien *steinmetz* histerisis.

Bahan	$\eta_h$ (joule / m3)
Sheet steel	502
pSilicon steel	191
Hard Cast steel	7040
Cast steel	750 – 3000
Cast iron	2700 – 4000

Adapun rugi arus pusar atau rugi arus eddy ( $P_e$ ) tergantung kuadrat dari kerapatan fluks,

$$P_e = k \cdot B_{max}^2 \cdot f^2 \cdot t^2 \tag{4}$$

3. Rugi Mekanik terdiri dari rugi gesek rugi angin (*windage loss*)

**D. Efisiensi Generator**

Untuk menghitung nilai efisiensi generator dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \tag{5}$$

$P_o$  = daya keluaran (W)

$P_i = P_o + P_{rugi}$  (W)

$P_{rugi}$  = rugi – rugi total (W)

**E. Matlab**

MATLAB merupakan bahasa pemrograman tinggi, tertutup, dan *case sensitive* dalam lingkungan komputasi numerik yang dikembangkan oleh *MathWorks*. MATLAB mempunyai banyak *tools* yang dapat membantu berbagai disiplin ilmu. MATLAB dapat membantu dalam perancangan desain suatu sistem dan analisis suatu algoritma. Tersedia beragam tool seperti *fuzzy logic designer, control system tuner, control system designer, linier system analyzer, neuro fuzzy designer, dan system identification*. (Marwan, 2017).

**III. METODE PENELITIAN**

**A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di PT. Rekind Daya Mamuju Unit PLTU Mamuju, terletak di desa Belang - belang, kecamatan Kalukku, kabupaten Mamuju, provinsi Sulawesi Barat. Penelitian dilakukan mulai Februari – April 2021.

**B. Prosedur Kegiatan**

1) Melakukan pengumpulan data untuk memudahkan proses penelitian, 2) Melakukan pengolahan data dilakukan peneliti setelah data yang dikumpulkan telah lengkap. Data diolah dengan mengacu pada tinjauan pustaka. 3) Dari proses pengolahan data didapatkan hasil dan pembahasan, sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai hasil evaluasi.

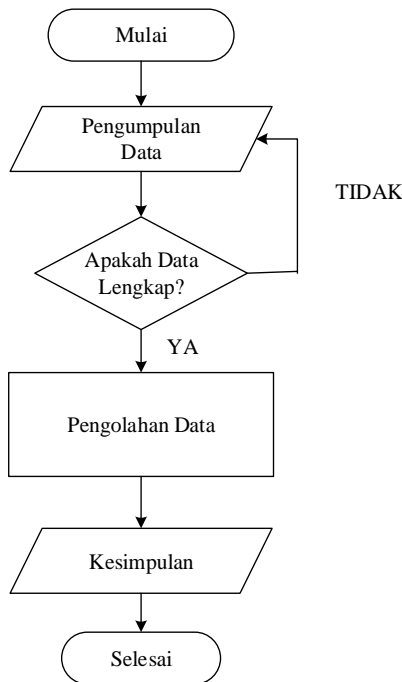
**C. Teknik Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui obeservasi dan wawancara langsung bersama pihak PLTU Mamuju khususnya di bagian pembangkitan. Data-data yang dikumpulkan meliputi data beban harian generetor, data *nameplate* generator dan data rugi-rugi daya pada generator. Pengumpulan data juga dilakukan dengan cara melihat dan mencatat data-data dari dokumen pendukung pada bagian operasi..

**D. Teknik Analisis Data**

Analisis data yang diperoleh dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan dalam rangka

merumuskan kesimpulan, seperti dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Flow chart penelitian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 1. Rugi – Rugi Daya

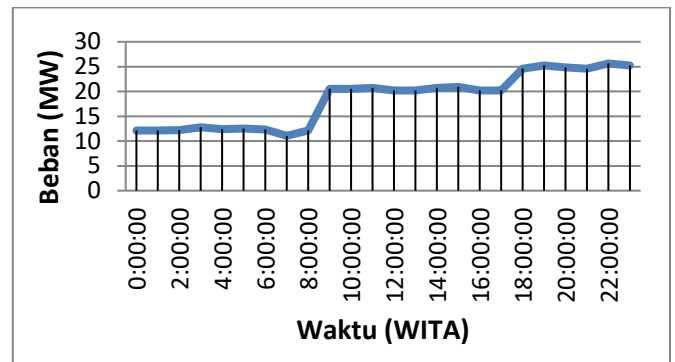
Rugi –rugi daya pada generator khususnya di PLTU Mamuju di kategorikan untuk 3 pembebanan, yakni pada saat pembebanan dasar (50%), pembebanan ekonomis (80%) dan pembebanan puncak (100%), Total daya yang hilang dari keseluruhan rugi-rugi pada generator yang terdiri rugi tembaga, rugi pada eksitasi, rugi besi, dan rugi mekanik. Untuk nilainya diambil pada tabel log sheet generator dapat dilihat pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Data Rugi-rugi daya

NO.	Rugi- Rugi Generator	Beban 50%	Beban 80%	Beban 100%
1.	Rugi Tembaga	0.1173 MW	0.2002 MW	0.3130 MW
2.	Rugi pada bagian Eksitasi	0.039 MW	0.0624 MW	0.078 MW
3.	Rugi Besi	0.0913 MW	0.1192 MW	0.1375 MW
4.	Rugi Mekanik	0.1157 MW	0.15 MW	0.1735 MW
5.	Rugi Total	0.363 MW	0.531 MW	0.702 MW

##### 2. Kurva Pembebanan

Kurva beban, secara sederhana dapat diartikan sebagai kurva yang menggambarkan penggunaan beban (listrik) dalam suatu waktu. Dikatakan dalam suatu waktu karena selangnya itu dapat berupa tahunan, mingguan, bahkan harian. Namun, penggunaan yang paling umum adalah kurva beban harian biasanya dikelompokkan menjadi 3 jenis pembebanan yaitu beban dasar, beban ekonomis, dan beban puncak.



Gambar 2. Kurva Pembebanan PLTU Mamuju

##### 3. Efisiensi Generator PLTU Mamuju

Untuk menghitung nilai efisiensi pada generator maka dibutuhkan data berupa daya *input* dan *output* pada generator tersebut. Daya *output* di olah menggunakan kurva pembebanan untuk mengetahui 3 kondisi pembebanan, untuk daya inputnya diambil dari perhitungan daya *output* dijumlahkan dengan rugi total. Maka dalam penelitian ini digunakan data *log sheet network power center control room-1* (Unit 1) selama 15 hari yaitu pada tanggal 13– 27 februari 2021 dengan mengambil sampel pada saat generator bekerja pada pembebanan dasar (50%), pembebanan ekonomis (80%) dan pembebanan puncak (100%).

Dengan mengetahui nilai daya *input* dan *output* pada generator, maka dapat dilakukan perhitungan menggunakan aplikasi Matlab R2016a dengan memasukkan perintah *script* berdasarkan persamaan (5) dengan mengambil nilai yang terdapat pada tabel data *log sheet center control room-1* (Unit 1) pada tanggal 15 Februari 2021 sebagai berikut. Untuk data lebih detailnya akan disertakan pada lampiran.

Berikut perintah *script* untuk menghitung efisiensi generator pada pembebanan 50% Tanggal 15 Februari 2021

```

Editor - G:\KULIAH\SEMESTER 8\REVISI WILDA\ef1.m
Untitled x ef1.m x +
1 %Menghitung Efisiensi Pembebanan 50%
2 %15Februari2021
3 %Oleh= Fitri Wildani
4 %Penye
5 % a. Daya Keluaran
6 - Pout = 13.099;
7 % b. Daya Masukan
8 - Pin = 13.462;
9 % c. Efisiensi
10 - n = Pout/Pin*100
  
```

```

Command Window
New to MATLAB? See resources for Getting Started.

>> efl

n =

    97.3035
    
```

Gambar 3. Hasil Perhitungan Matlab R2016a

Berdasarkan perhitungan di atas juga digunakan untuk menghitung sampel data lainnya sehingga diperoleh nilai efisiensi pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Efisiensi Generator PLTU Mamuju Unit 1 Pembebanan 50%

Tanggal	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi (%)
(a)	(b)	(c)	(d)
13/02/21	13.131	12.768	97.2355
14/02/21	13.321	12.958	97.2750
15/02/21	13.462	13.099	97.3035
16/02/21	13.13	12.767	97.2353
17/02/21	13.337	12.974	97.2782
18/02/21	13.436	13.073	97.2983
19/02/21	13.364	13.001	97.2837
20/02/21	13.293	12.93	97.2692
21/02/21	13.28	12.917	97.2666
22/02/21	13.285	12.922	97.2676
23/02/21	13.317	12.954	97.2742
24/02/21	13.205	12.842	97.2510
25/02/21	13.315	12.952	97.2738
26/02/21	13.35	12.987	97.2809
27/02/21	13.203	12.84	97.2506

Tabel 4. Efisiensi Generator PLTU Mamuju Unit 1 Pembebanan 80%

Tanggal	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi (%)
(a)	(b)	(c)	(d)
13/02/21	21.455	20.924	97.5251
14/02/21	21.325	20.794	97.5100
15/02/21	21.598	21.067	97.5414
16/02/21	21.364	20.833	97.5145
17/02/21	21.351	20.82	97.5130
18/02/21	21.605	21.074	97.5422
19/02/21	21.263	20.732	97.5027
20/02/21	21.407	20.876	97.5195

Tanggal	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi (%)
21/02/21	21.356	20.825	97.5136
22/02/21	21.662	21.131	97.5487
23/02/21	21.383	20.852	97.5167
24/02/21	21.728	21.197	97.5561
25/02/21	21.54	21.009	97.5348
26/02/21	21.237	20.706	97.4996
27/02/21	21.38	20.849	97.5164

Tabel 5. Efisiensi Generator PLTU Mamuju Unit 1 Pembebanan 100%

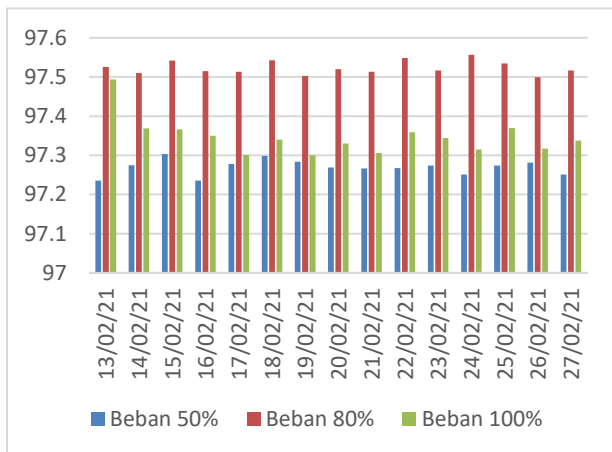
Tanggal	Daya Input (MW)	Daya Output (MW)	Efisiensi (%)
(a)	(b)	(c)	(d)
13/02/21	26.291	25.632	97.4934
14/02/21	26.679	25.977	97.3687
15/02/21	26.653	25.951	97.3662
16/02/21	26.486	25.784	97.3495
17/02/21	26.008	25.306	97.3008
18/02/21	26.388	25.686	97.3397
19/02/21	26.002	25.3	97.3002
20/02/21	26.291	25.589	97.3299
21/02/21	26.056	25.354	97.3058
22/02/21	26.576	25.874	97.3585
23/02/21	26.43	25.728	97.3439
24/02/21	26.144	25.442	97.3149
25/02/21	26.683	25.981	97.3691
26/02/21	26.166	25.464	97.3171
27/02/21	26.364	25.662	97.3373

Sistem kerja generator yang beroperasi pada PLTU Mamuju menggunakan energi putar poros yang diteruskan oleh turbin sehingga menghasilkan daya serta sistem yang digunakan adalah *base load* yaitu beban generator disesuaikan dengan kebutuhan pada konsumen yang sinkron dengan PLN.

Perbandingan efisiensi generator pada pembebanan dasar (50%), pembebanan ekonomis (80%) dan pembebanan puncak (100%). dapat disajikan dalam bentuk grafik yang terlihat pada gambar di bawah ini.

Berdasarkan grafik pada gambar 4, menunjukkan bahwa nilai efisiensi generator qf<sub>2</sub>w-30-2E mengalami perubahan. Hal ini terjadi pada 3 kondisi pembebanan. Berdasarkan pengamatan selama 15 hari yakni pada tanggal 13-27 Februari 2021 nilai efisiensi terendah pada

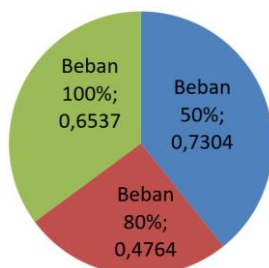
pembebanan 50% terjadi pada tanggal 16 Februari 2021 sebesar 97.2353%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada tanggal 15 Februari 2021 sebesar 97.3035%. Pada pembebanan 80% nilai efisiensi terendah terjadi pada tanggal 26 Februari 2021 sebesar 97.4996%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada tanggal 24 Februari 2021 sebesar 97.5561%. Pada pembebanan 100% terjadi pada tanggal 19 Februari 2021 sebesar 97.3002%, sedangkan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada tanggal 13 Februari 2021 sebesar 97.4934%.



Gambar 4. Perbandingan efisiensi generator

Efisiensi pada generator tidak bisa mencapai 100% hal ini disebabkan karena kenaikan daya masukan dan berkurangnya nilai efisiensi ini dapat disebabkan oleh meningkatnya rugi-rugi daya pada generator terutama rugi-rugi tembaga. Sehingga energi yang seharusnya diubah menjadi listrik akan berubah menjadi panas, maka pada beban tinggi atau puncak generator tidak boleh dioperasikan terlalu lama.

Pada saat pembebanan 50% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.2696%, pembebanan 80% nilai rata – rata efisiensi sebesar 97.5236%, dan pembebanan 100% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.3463%. Mengacu pada *manual book* “ PLTU Mamuju 2x25 MW Coal-fired Steam Power Plant” diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar  $\pm 98\%$ . Saat pembebanan dasar (50%) efisiensi menurun sebesar 0.7304%, pembebanan ekonomis(80%) efisiensi menurun sebesar 0.4764%, dan pembebanan puncak(100%) efisiensi menurun sebesar 0.6537%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 5. Diagram selisih efisiensi setiap pembebanan

Sehingga efisiensi optimum terjadi pada kondisi pembebanan 80% (ekonomis) nilai sebesar 97.5236% karena perbandingan daya yang terpakai meningkat dengan rugi – rugi daya yang kecil.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada saat pembebanan 50% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.2696%, pembebanan 80% nilai rata – rata efisiensi sebesar 97.5236%, dan pembebanan 100% nilai rata-rata efisiensi sebesar 97.3463%. Mengacu pada *manual book* “ PLTU Mamuju 2x25 MW Coal-fired Steam Power Plant” diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar  $\pm 98\%$ . Saat pembebanan dasar (50%) efisiensi menurun sebesar 0.7304%, pembebanan ekonomis(80%) efisiensi menurun sebesar 0.4764%, dan pembebanan puncak(100%) efisiensi menurun sebesar 0.6537%.
2. berdasarkan data pengamatan selama 15 hari menunjukkan bahwa efisiensi optimum terjadi pada kondisi pembebanan 80%(ekonomis) dengan nilai sebesar 97.5236%. Karena perbandingan daya yang terpakai meningkat dengan rugi – rugi daya yang kecil.

## REFERENSI

- [1]A, Al haramain, *Analisis Efisiensi dan Pembebanan Generator Unit 1 pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Barru*, Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2019.
- [2]Advernesia, *Apa itu Matlab*. Retrieved from Advernesia:<http://www.advernesia.com/blog/matlab/ap-a-itu-matlab/>, 2018.
- [3]Aliansyah, Eduward, *Studi Analisa Daya Keluaran Generatore Sinkron Tiga Fasa Dengan Rotor Silinder*, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2008.
- [4]D.William, Stevenson, Ir., *Analisa Sistim Tenaga Listrik*, Edisi IV, Erlangga. Jakarta, 1984.
- [5]Kadir, Abdul, *Mesin Serempak*, Djembatan, Jakarta. Jawa Timur Area Surabaya Selatan, 1983, 81-83.
- [6]Marwan, S. M, *Belajar mudah Matlab Beserta Aplikasinya*, Yogyakarta: 1st Published, 2017.
- [7]Muslis, Supari, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [8]PLTU Mamuju, *Manual Book Generator*, Mamuju: PT. Rekind Daya Mamuju, 2018.
- [9]Syarifuddin, *Mesin Arus Bolak-Balik*. Makassar: Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2013.
- [10] Windar, Stefanus. *Generator Arus Bolak-Balik*. Jakarta, 2012.