

## KARAKTERISTIK GENERATOR SINKRON 3 PHASA 0.3KW DENGAN ROTOR KUTUB BAYANGAN PADA BEBAN RESISTIF, INDUKTIF DAN KAPASITIF

Wawan Gunawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang  
<sup>1</sup> Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15310, Indonesia

<sup>1</sup> [dosen00154@unpam.ac.id](mailto:dosen00154@unpam.ac.id)

---

### INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 11-06-2023  
revisi : 19-06-2023  
diterima : 25-06-2023  
dipublish : 30-06-2023

---

### ABSTRAK

Energi listrik dalam jumlah yang cukup dan dengan mutu yang baik merupakan kunci keberhasilan dan perkembangan yang pesat pada kegiatan-kegiatan industri. Hal tersebut telah menyumbang kemajuan ekonomi dan tingkat kesejahteraan masyarakat disetiap negara. Konversi energi mekanik menjadi energi listrik secara besar-besaran praktis dilakukan hanya dengan generator sinkron. Generator sinkron dapat dioperasikan sebagai mesin tunggal, akan tetapi biasanya generator akan terhubung dalam suatu sistem interkoneksi sehingga bekerja sejajar sinkron dengan alternator-alternator lain. Generator adalah sebuah mesin yang digunakan untuk mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin menjadi energi listrik. Dalam desain generator sinkron, kadang terjadi fenomena dimana gelombang yang dihasilkan tidak sinus murni tetapi terjadi distorsi pada gelombang keluaran yang disebut *tooth harmonics*. Penelitian ini menganalisa penyebab terjadinya *tooth harmonics* yang terjadi pada generator sinkron 3 phasa dan unjuk kerja dari generator sinkron 0,3kW (*synchronous machine*) yang digerakkan oleh motor DC *shunt* sebagai penggerak (*prime mover*). Untuk mengatur kecepatan motor DC *shunt* digunakan CM Low Voltage 0 – 250-VDC dan untuk eksitasinya digunakan regulator DC *stabilizer* 240-V. Hasil pengujian diketahui bahwa pada generator sinkron dengan rotor kutub bayangan didapatkan hasil gelombang yang lebih baik. Adanya beban resistif tidak berpengaruh terhadap pembentukan gelombang keluaran generator sinkron sedangkan adanya beban kapasitif akan memperbaiki bentuk gelombang dan untuk beban induktif, bentuk gelombangnya akan menjadi lebih terdistorsi.

*Kata kunci: Generator sinkron; rotor kutub bayangan; motor DC shunt; gelombang harmonisa*

## ABSTRACT

*Electrical energy in sufficient quantities and with good quality is the key to success and rapid development of industrial activities. This has contributed to economic progress and the level of social welfare in every country. The conversion of mechanical energy into electrical energy on a large scale is practical only with a synchronous generator. Synchronous generators can be operated as a single engine, but usually the generator will be connected in an interconnection system so that it works in sync with other alternators. Generator is a machine that is used to convert the mechanical energy produced by the turbine into electrical energy. In the design of a synchronous generator, sometimes there is a phenomenon where the resulting wave is not pure sine but there is a distortion in the output wave which is called tooth harmonics. This study analyzes the causes of tooth harmonics that occur in 3-phase synchronous generators and the performance of a 0.3kW synchronous generator (synchronous machine) driven by a DC shunt motor as prime mover. CM Low Voltage 0 - 250-VDC is used to regulate the speed of the DC shunt motor and for its excitation a 240-VDC stabilizer regulator is used. The test results show that the synchronous generator with a shadow pole rotor produces better waveforms. The existence of a resistive load does not affect the formation of the synchronous generator output waveform while the presence of a capacitive load will improve the waveform and for inductive loads, the waveform will become more distorted.*

*Keywords: Synchronous generator; shadow pole rotor; DC shunt motor; harmonic wave*

## PENDAHULUAN

Pada masyarakat modern saat ini, energi listrik sudah menjadi kebutuhan utama, seperti halnya kebutuhan utama yang lain, (sandang, pangan dan papan) (ESDM, 2016). Tanpa tenaga listrik dalam satu menit saja, masyarakat modern tidak dapat melakukan aktivitas (Ngafifi, 2014). Disamping itu masyarakat modern juga menuntut kualitas tenaga listrik yang prima (Endang, 2016). Sementara tenaga listrik yang tidak sehat (tidak seimbang), tidak stabil, dan tidak bersih dari harmonisa akan dijauhi pelanggan (Aini dan Mar'i, 2021). Oleh sebab itu, produsen listrik selalu harus berusaha untuk memuaskan pelanggan dengan menjual daya listriknya dengan kualitas yang prima, yaitu tenaga listrik yang

selalu ada, seimbang, stabil, dan dengan kadar harmonisa yang sedikit.

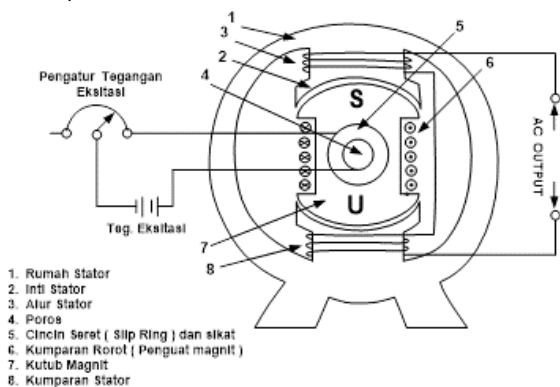
Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari perubahan tegangan yang terjadi pada generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan. Selanjutnya akan dilakukan pula analisa terhadap generator sinkron dengan rotor kutub bayangan yang mempunyai daya tinggi. Metode penelitian ini menitikberatkan pada proses pengukuran atau karakteristik generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan yang diberikan beban berbeda.

## TEORI

Generator arus bolak-balik berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik dan sering disebut sebagai alternator atau generator sinkron karena jumlah

putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron tersebut dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar stator (Anthony, 2018). Mesin ini tidak dapat beroperasi sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu saklar terhubung dengan jala-jala (Ramadhan, 2017).

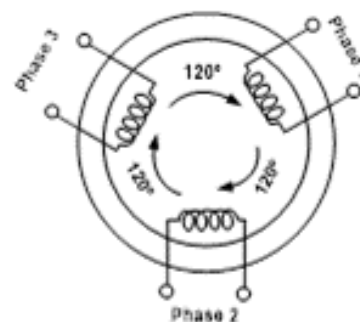
Konstruksi generator bolak-balik terdiri dari dua bagian utama, yaitu: (1) Stator, bagian diam dari pada mesin listrik yang mengeluarkan tegangan bolak-balik, (2) Rotor, bagian yang bergerak pada mesin listrik yang menghasilkan medan magnet yang menginduksikan ke stator (Anthony, 2018).



**Gambar 1.** Konstruksi dari generator sinkron

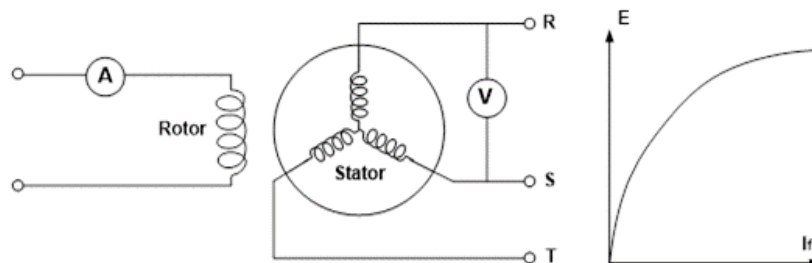
Generator bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan: jika

sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik (ggl). Prinsip kerja generator bolak-balik 3 fasa pada dasarnya sama dengan generator bolak-balik satu fasa, akan tetapi pada generator 3 fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan outputnya berbeda fasa  $120^\circ$  pada masing-masing fasa seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema lilitan stator generator 3 fasa

Generator tanpa beban (beban nol) jika poros generator diputar dengan kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan  $I_f$ , maka tegangan  $E_o$  akan terinduksi pada kumparan jangkar stator (Anthony, 2018). Terdapat tiga macam sifat beban jika dihubungkan dengan generator, yaitu: beban resistif, induktif, dan kapasitif. Akibat pembebanan ini akan berpengaruh terhadap tegangan beban dan faktor dayanya

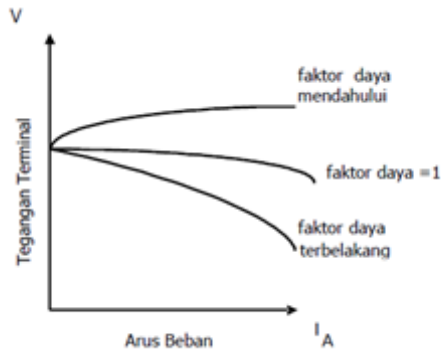


**Gambar 3.** Hubungan dan karakteristik generator tanpa beban

Gambar 4 menunjukkan jika beban generator bersifat resistif mengakibatkan

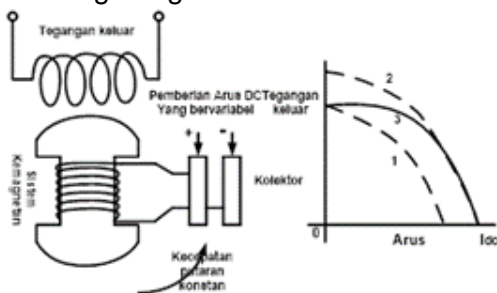
penurunan tegangan relatif kecil dengan faktor daya sama dengan satu. Jika beban

generator bersifat induktif terjadi penurunan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya terbelakang (*lagging*). Sebaliknya, jika beban generator bersifat kapasitif akan terjadi kenaikan tegangan yang cukup besar dengan faktor daya mendahului (*leading*).



Gambar 4. Karakteristik generator berbeban

Saat generator dihubungkan dengan beban menyebabkan tegangan keluaran generator akan turun, karena medan magnet yang dihasilkan dari arus penguat relatif konstan. Agar tegangan generator konstan, harus ada peningkatan arus penguatan sebanding dengan kenaikan beban.



Gambar 5. Prinsip kerja exciter generator

## METODOLOGI

Metode penelitian dengan melakukan simulasi rangkaian generator 3 fasa yang

diputarakan oleh motor DC *shunt*. Pengaturan tegangan DC pada bagian penguatan (*exciter*) dengan beban resistif dengan  $\cos \varphi = 1 - \text{konstan}$ , Beban induktif dan resistif pada  $\cos \varphi = 0.8 - \text{konstan}$  dan Beban induktif dan resistif dengan  $\cos \varphi \approx 0$  induktif – konstan.

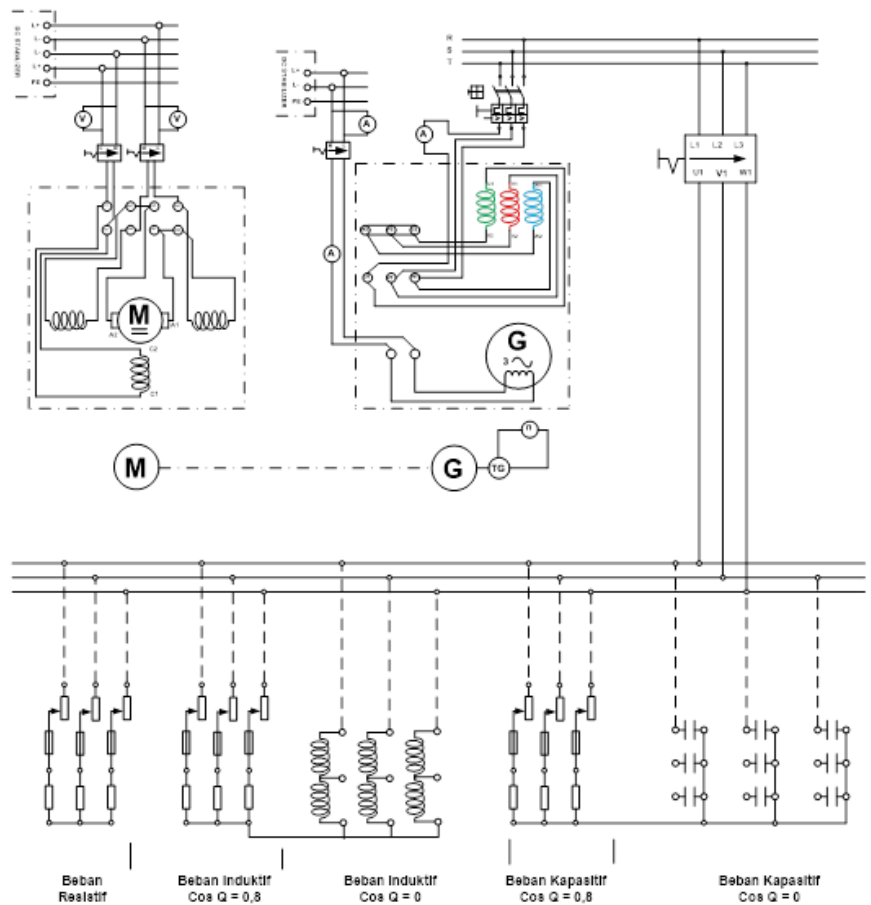
Pengaturan beban untuk mendapatkan Beban kapasitif dan resistif dengan  $\cos \varphi = 0.8$  dan Beban kapasitif,  $\cos \varphi = 0$ . Analisa karakteristik pengaturan eksitasi dan beban meliputi: Karakteristik penguat pengaturan eksitasi generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dan Karakteristik beban generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan yang selanjutnya diambil kesimpulan dari seluruh percobaan yang dilakukan.

Pada sistem ini digunakan motor DC *shunt* dengan ilustrasi pada Gambar 6.

Typ		73236	
Y	400	V	0,43
0,3		kW	Cos Q 0,8
1500		rpm	50
Is.	B / F	IP 20	1497
V		U err = 140	V
		A	

Gambar 6. Data name plate motor DC

Rangkaian generator 3 fasa dibuat untuk menganalisa besaran - besaran listrik generator sinkron dengan rotor kutub bayangan sebagai peredam osilasi dan gelombang harmonisa yang diputarakan oleh motor DC *shunt*. Rangkaian simulasi generator sinkron 3 fasa 0.3KW dengan rotor kutub bayangan sebagai peredam osilasi dan gelombang harmonik seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Simulasi rangkaian generator 3 fase yang diputarakan oleh motor DC shunt.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengaturan Tegangan DC pada Bagian Penguatan (Exiter)

Generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dengan  $n = 1500 \text{ rpm}$ ,  $I_E = 15 \text{ mA}$ ,  $\cos \varphi = 1 - \text{konstan}$ . Masukan nilai  $I_L$  dengan menggunakan beban resistif  $R_1$ .

Tabel 1. Beban resistif,  $\cos \varphi = 1 - \text{konstan}$

$I_L$ (mA)	$U_{KL}$ (V)	S (VA)
0.000	420	0
0.125	415	89.7
0.150	412	106.6
0.175	411	124.4
0.200	409	141.5
0.225	408	158.8
0.250	406	175.6
0.275	404	192.2
0.300	402	208.6
0.325	399	224.3
0.350	396	239.8

0.375	394	255.6
0.400	392	271.3
0.425	387	284.5
0.450	381	299.0
0.475	384	313.1
0.500	376	325.2
0.525	371	337.0
0.550	364	346.0
0.575	358	356.1
0.600	351	364.3
0.625	343	370.9
0.650	333	374.5
0.675	316	369.0
0.700	299	362.1
0.725	273	342.4
0.750	250	324.4
0.775	216	289.6
0.800	160	221.4

Berdasarkan perhitungan rumus dan karena beban resistif (Ohm) murni, maka  $S = P$ , sehingga didapat:

$$P = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \quad (1)$$

$$= 1.732 \times 381 \text{ V} \times 0.450 \text{ A}$$

$$= 299.0 \text{ watt}$$

Generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dengan  $n = 1500 \text{ rpm}$ ,  $I_E = 175 \text{ mA}$ ,  $\cos \varphi = 0.8 - \text{konstan}$ .

**Tabel 2.** Beban induktif dan resistif,  $\cos \varphi = 0.8 - \text{konstan}$

Beban Induktif ( $L_L, L/H$ )	Beban Tahanan ( $R_L, \%$ )	$I_L$ (mA)	$U_{KL}$ (V)	S (VA)
6.0	90	0.195	392	132.2
4.8	70	0.240	384	159.4
2.4	35	0.450	334	260.0
1.2	12	0.667	206	237.7
1.0	10	0.690	179	213.7
0.8	8	0.713	153	188.7
0.6	6	0.733	125	158.5
0.4	5	0.750	98	127.2
0.2	0	0.768	53	70.4

$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \dots \dots \dots (1)$$

$$= 1.732 \times 334 \text{ V} \times 0.450 \text{ A}$$

$$= 260.0 \text{ VA}$$

Generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dengan  $n = 1500 \text{ rpm}$ ,  $I_E = 175 \text{ mA}$ ,  $\cos \varphi \approx 0 \text{ induktif} - \text{konstan}$ .

**Tabel 3.** Beban induktif dan resistif,  $\cos \varphi \approx 0 \text{ induktif} - \text{konstan}$

Beban Induktif ( $L_L, L/H$ )	Beban Tahanan ( $R_L, \%$ )	$I_L$ (mA)	$U_{KL}$ (V)	S (VA)
6.0	90	0.108	400	74.2
4.8	70	0.133	395	90.9
2.4	35	0.254	369	162.1
1.2	12	0.425	307	225.7
1.0	10	0.470	283	230.1
0.8	8	0.520	250	224.9
0.6	6	0.575	208	206.9
0.4	5	0.635	155	170.5
0.2	0	0.709	087	106.7

$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L$$

$$= 1.732 \times 283 \text{ V} \times 0.470 \text{ A}$$

$$= 230.1 \text{ VA}$$

## B. Pengaturan Beberapa Beban

Generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dengan  $n = 1500 \text{ rpm}$ ,  $I_E = 175 \text{ mA}$ ,  $\cos \varphi = 0.8 \text{ Kapasitif} - \text{konstan}$ .

**Tabel 4.** Beban kapasitif dan resistif,  $\cos \varphi = 0.8$

Beban Kapasitif ( $C_L, C/\mu F$ )	Beban Tahanan ( $R_L, \%$ )	$I_L$ (mA)	$U_{KL}$ (V)	S (VA)
2	90	0.220	439	167.1
3	50	0.352	447	272.2
4	30	0.526	442	402.2
5	18	0.803	407	465.4
6	12.5	0.925	350	560.1

$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \dots \dots \dots (1)$$

$$= 1.732 \times 442 \text{ V} \times 0.526 \text{ A}$$

$$= 402.2 \text{ VA}$$

Generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan dengan  $n = 1500 \text{ rpm}$ ,  $I_E = 175 \text{ mA}$ ,  $\cos \varphi = 0 \text{ Kapasitif} - \text{konstan}$ .

**Tabel 5.** Beban kapasitif,  $\cos \varphi = 0$

Beban kapasitif ( $C_L, C/\mu F$ )	$I_L$ (mA)	$U_{KL}$ (V)	S (VA)
1	0.076	436	57.4
2	0.164	449	127.5
3	0.255	463	204.5
4	0.340	476	280.3
5	0.437	488	369.4
6	0.543	504	474.0
7	0.660	518	592.1

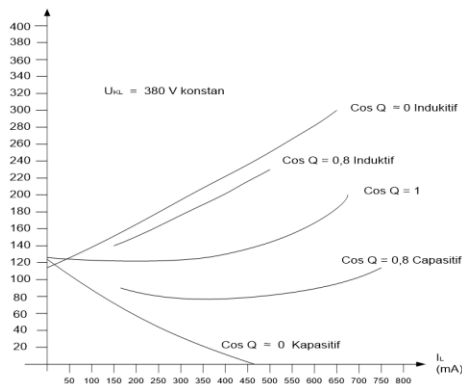
$$S = \sqrt{3} \times U_L \times I_L \dots \dots \dots (1)$$

$$= 1.732 \times 488 \text{ V} \times 0.437 \text{ A}$$

$$= 469.4 \text{ VA}$$

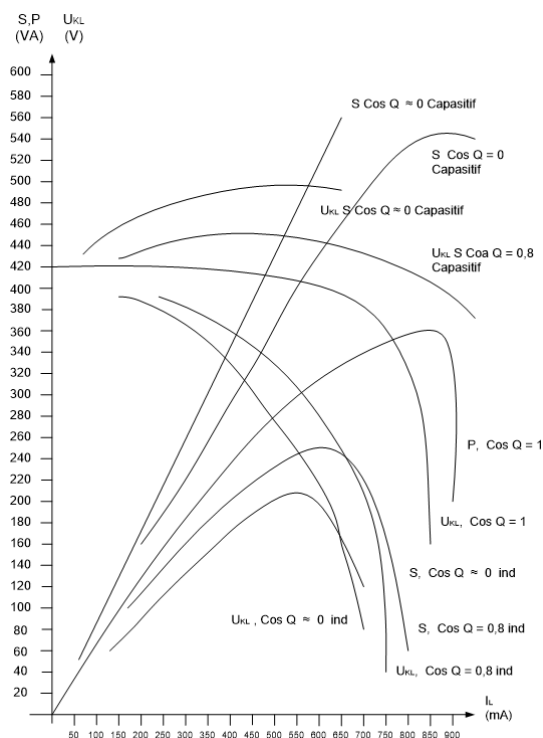
## C. Karakteristik Pengaturan Eksitasi dan Beban

Karakteristik penguat pengaturan eksitasi  $I_E: f(I_L)$  untuk  $n$ ,  $U_{KL}$  dan  $\cos \varphi - \text{konstan}$  generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan.



**Gambar 8.** Karakteristik penguat pengatur eksitasi generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan

Karakteristik beban  $U_L$ ,  $S$  atau  $f(I_L)$  untuk  $n$ ,  $I_E$ ,  $\cos \varphi$  – konstan generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan.



**Gambar 9.** Karakteristik beban generator sinkron 0.3kW dengan rotor kutub bayangan

## KESIMPULAN

Hasil pengujian dapat diketahui bahwa pada generator sinkron dengan rotor kutub bayangan didapatkan hasil gelombang yang

lebih baik. Adanya beban resistif tidak berpengaruh terhadap pembentukan gelombang keluaran generator sinkron sedangkan adanya beban kapasitif akan memperbaiki bentuk gelombang dan untuk beban induktif, bentuk gelombangnya akan menjadi lebih terdistorsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Z. dan Mar'i, A. (2021). Desain Singel Tuned Filter Terhadap Harmonisa pada Transformator Distribusi. GNR Grafika: Pekanbaru-Riau.
- Anthony, Z. (2018). Mesin Listrik Dasar. ITP Press: Sumatera Barat.
- Endang. (2016). Kualitas Pelayanan Keluhan Pelanggan di PT. PLN (Persero) Rayon Sinjai. Skripsi. Program Studi Ilmu Administrasi Negara, Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik, Universitas Muhammadiyah, Makassar.
- Jalil, M.S.A. (2019). Rancang Bangun Alat Pengukur Torsi Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Arduino. Skripsi. Teknik Elektro, Konsentrasi Teknik Energi Elektrik, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya. Malang.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016) Listrik Kebutuhan Pokok yang harus Dijaga Volume, Kualitas dan Kesenambungannya. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/listrik-kebutuhan-pokok-yang-harus-dijaga-volume-kualitas-dan-kesinambungannya>.
- Marsudi, D. (1990). *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu: Yogyakarta.
- Ngafifi, M. (2014). Kemajuan Teknologi dan Pola Hidup Manusia Dalam Perspektif Sosial Budaya. Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi. 2 (1), 33-47.
- Ramadhan, A. (2017). Analisis Perbandingan Generator Sinkron Tiga Fasa Daya Kecil Dengan Eksitasi Sendiri Dan Eksitasi Terpisah. Skripsi. Program Studi Teknik Listrik, Jurusan



- Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah,  
Makassar.
- Rijono, Y. (1997). *Dasar Teknik Tenaga Listrik*. Andi: Yogyakarta.
- Sawhny, A.K. (2018). *A Course in Electrical Machine Design Ed. 1<sup>st</sup>*. Danpat & Sons.
- Surianto (2020). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Frequency Converter Lenze 8400 Berbasis PLC Siemens Simatic S7-300. *Skripsi*. Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Makassar.