

EFEK KENAIKAN SUHU DAPUR INDUKSI ELEKTROMAGNETIK ALTERNATOR TERHADAP PERUBAHAN RESISTANSI LILITAN STATOR

Parlindungan P. Marpaung¹✉

Institut Teknologi Indonesia, Program Studi Teknik Elektro, Jln. Raya Puspiptek Serpong, Banten 15314
✉ e-mail: parlindungan.reni@gmail.com

Abstract

In the research of ac power generation equipment using a motorcycle vehicle alternator, it produces an ac output voltage in the stator coil winding based on the electromagnetic induction process. The problem is that the result of the ac output voltage flowing rotary current or Eddy current through the coil windings creates heat in the core plane which is in the electromagnetic induction furnace of the alternator. The initial condition of the electromagnetic induction furnace temperature of the alternator is $T_{ind.}(initial) = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. The condition of the resistance of the conductor material to the coil of the stator coil is $R_t(initial) = 1.28\text{ ohms}$ and the ac output voltage $V_o(initial) = 12.68\text{ volts}$. The research method increases the temperature of the electromagnetic induction alternator from the $T_{ind.}(initial)$ condition, which causes the effect of increasing the resistance of the coil conducting material as the output voltage decreases. The specification of the temperature coefficient of the coil winding conductor $0.0291\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, the temperature increase of the electromagnetic induction furnace of the alternator reaches $T_{ind.}$ of $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ causes the effect of increasing $R_t(initial) = 1.28\text{ ohms}$ to $R(temp.) = 2.47\text{ ohms}$ along with decreasing $V_o(initial) = 12.68\text{ volts}$ to $V_o(temp.) = 7.68\text{ volts}$.

Keywords: *Alternator, Electromagnetic Induction, Coil Winding, Temperature Coefficient Initial Conditions*

Abstrak

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan rancang bangun peralatan pembangkit listrik ac menggunakan alternator berasal dari sepeda motor menghasilkan tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan stator berdasarkan proses induksi elektromagnetik. Masalahnya tegangan listrik ac out put mengalirkan arus putar atau arus Eddy melalui lilitan kumparan melingkar menimbulkan panas pada bidang intinya yang berada dalam dapur induksi elektromagnetik alternator. Kondisi awal suhu dapur induksi elektromagnetik alternator adalah parameter $T_{ind.}(awal) = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, resistansi lilitan kumparan $R_t(awal) = 1,28\text{ ohm}$ dan tegangan listrik ac out put $V_o(awal) = 12,68\text{ volt}$. Metode penelitian dilakukan perlakuan menaikkan parameter $T_{ind.}(awal)$ menimbulkan efek kenaikan resistansi bahan penghantar lilitan kumparan seiring penurunan tegangan listrik out putnya. Spesifikasi koefisien suhu bahan penghantar lilitan kumparan sebesar $\alpha = 0,0291\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator mencapai sebesar $T_{ind.}$ $62\text{ }^{\circ}\text{C}$ menimbulkan efek kenaikan resistansi lilitan kumparan seiring penurunan tegangan listrik out put menjadi $V_o(temp.) = 7,68\text{ volt}$.

Kata kunci: *Alternator, Induksi Elektromagneti, Lilitan Kumparan, Koefisien Suhu, Kondisi Awal*

Pendahuluan

Secara umum sumber daya/energi listrik pada kendaraan otomotif berasal dari alternator pembangkit listrik ac (*alternating current*). Sumber daya/energi listrik dibangkitkan dari out put peralatan alternator (*alternating generator*) atau generator terdapat pada kendaraan otomotif digunakan untuk mensuplai listrik ke beban listrik, antara lain beban

listrik lampu dan beban listrik pengisi baterai/aki. Adapun bagian utama peralatan alternator pembangkit listrik ac terdiri dari bagian rumah stator membentuk lingkaran yang tidak dapat berputar, sedangkan bagian lingkaran puli rotor dapat berputar melingkar. Pada bagian rumah stator terdapat kumparan kawat penghantar yang dililitkan pada bidang inti besi dinyatakan dengan

kumparan spul stator. Kemudian lingkaran dalam puli rotor terdapat susunan magnet permanen yang dapat berputar melintasi bidang inti besi lilitan kumparan stator untuk membangkitkan perubahan fluks garis gaya magnet di sekitar bidang inti besi lilitan kumparan menghasilkan arus listrik induksi melalui lilitan kumparan spul stator [1]. Arus listrik induksi membangkitkan ggl (gaya gerak listrik) induksi secara berulang-ulang yang menghasilkan tegangan listrik bolak-balik/ac pada kedua ujung lilitan kumparan spul stator mengacu pada prinsip hukum Michael Faraday [1], [2]. Hal ini pada alternator terjadi konversi perubahan induksi medan magnet permanen rotor menjadi tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan stator alternator bekerja berdasarkan proses induksi elektromagnetik.

Latar belakang penelitian hasil rancang bangun peralatan pembangkit listrik ac menggunakan alternator yang berasal dari sepeda motor menghasilkan listrik ac bekerja berdasarkan proses induksi elektromagnetik yang dapat menimbulkan perubahan suhu pada dapur induksi elektromagnetik. Perubahan suhu dapur induksi elektromagnetik disebabkan arus listrik induksi mengalir melingkar melalui lilitan kumparan bidang inti besi mengacu pada prinsip arus Eddy (*Eddy current*) dapat menimbulkan panas permukaan bidang inti besi lilitan kumparan [3]. Panas yang ditimbulkan pada permukaan bidang inti besi lilitan kumparan berada di dalam dapur induksi elektromagnetik alternator menyebabkan terjadi perubahan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator. Adanya kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator menimbulkan efek perubahan temperatur bahan penghantar lilitan kumparan stator terkait perubahan resistansinya [4], [5].

Rumusan masalah penelitian adalah fenomena perubahan suhu dapur induksi elektromagnetik menimbulkan perubahan

temperatur lilitan kumparan terkait perubahan nilai resistansi lilitan kumparan stator yang seiring dengan perubahan tegangan listrik output alternator. Hal ini disebabkan karena perubahan tegangan listrik out put alternator adalah tegangan listrik yang terjadi pada nilai resistansi lilitan kumparan stator yang mengalami perubahan dalam satuan ohm. Masalahnya dapur induksi elektromagnetik alternator dapat menimbulkan efek perubahan nilai resistansi bahan penghantar lilitan stator seiring perubahan tegangan listrik ac output alternator. Apabila hasil tegangan listrik ac output alternator yang mengalami perubahan difungsikan untuk mensuplai beban kelistrikan pada kendaraan sepeda motor, maka suplai tegangan listrik pada beban listrik menjadi tidak stabil dan tidak efektif [6], [7].

Analisa numerik besarnya perubahan resistansi kumparan bahan penghantar terhadap perubahan temperatur dinyatakan parameter R_t di rumuskan seperti persamaan (1) [2], [5].

$$R_t = R_{t(ref)} (1 + \alpha (T - T_{ref})) \quad (1)$$

Keterangan:

$R_{t(ref)}$ = Resistansi referensi penghantar kondisi temperatur referensi, ohm.

α = koefisien suhu bahan, $^{\circ}\text{C}^{-1}$

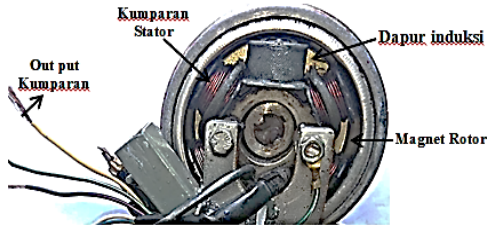
T = Temperatur bahan penghantar, $^{\circ}\text{C}$

T_{ref} = Temperatur referensi, $^{\circ}\text{C}$.

Tujuan penelitian adalah pembuatan rancang bangun peralatan alternator pembangkit tegangan listrik ac berasal dari kendaraan otomotif sepeda motor yang bekerja berdasarkan proses induksi elektromagnetik prinsip hukum Faraday.

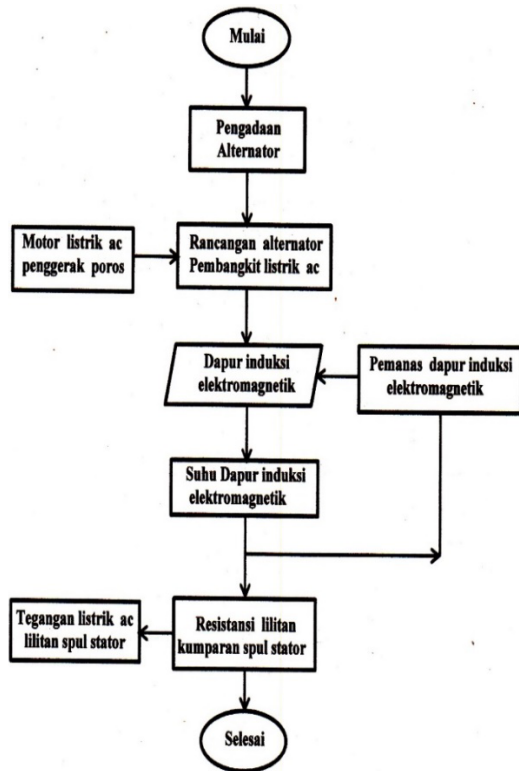
Metode Penelitian

Peralatan utama alternator terdiri dari bidang inti lilitan kumparan di dalam puli stator dan magnet permanen pada puli lingkaran dalam rotor seperti Gambar 1.



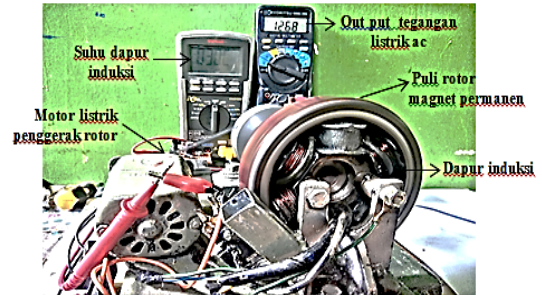
Gambar 1. Bidang inti kumparan spul stator dalam rotor magnet

Parameter variabel tetap adalah parameter kecepatan putar magnet permanen rator satuan rpm dan parameter jumlah lilitan kumparan spul stator pada intinya. Flow chart alur diagram metodologi penelitian seperti pada Gambar 2.



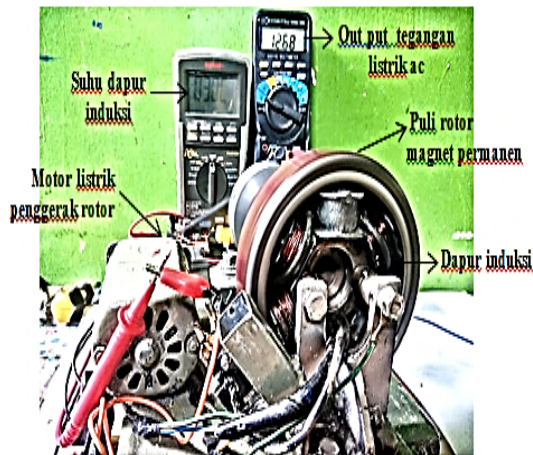
Gambar 2. Flow chart metodologi peralatan penelitian

Peragaan hasil tegangan listrik ac output pada bahan penghantar lilitan kumparan stator seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Peralatan alatenerator pembangkit listrik ac

Induksi elektromagnetik berdasarkan gejala arus Eddy atau arus putar menghasilkan arus listrik induksi bolak balik melalui sejumlah lilitan kumparan penghantar terisolasi yang di lilitkan melingkar pada bidang inti bahan penghantar. Dimana arus listrik induksi menghasilkan medan magnet pada bidang inti yang berada di dalam dapur induksi elektromagnetik alternator. Dimana elektron dipancarkan dari permukaan medan magnet bidang inti menimbulkan efek panas menembus lilitan kumparannya. Pengoperasian awal pada peralatan penelitian memutar susunan magnet permanen yang berada dalam lingkaran puli rotor melintasi celah/gap dari bidang inti besi lilitan kumparan stator. Kecepatan putar puli rotor magnet dinyatakan parameter V_{rpm} ditetapkan sebesar 900 rpm (*rotation per minute*) [2],[9]. Pengujian dilakukan mengukur kondisi awal suhu dapur induksi elektromagnetik alternator dan tegangan listrik ac output pada lilitan kumparan serta mengukur nilai resistansinya. Peragaan pengujian peralatan penelitian kondisi awal seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengoperasian kondisi awal $T_{ind.(awal)}$ hasil $V_{O(awal)} = 12,68$ volt

Kondisi awal adalah kondisi belum dilakukan perlakuan panas pada dapur induksi elektromagnetik alternator, yaitu pada permukaan puli rotor. Adapun kondisi awal suhu dapur induksi elektromagnetik alternator dinyatakan parameter $T_{ind.(awal)}$ satuan derajat celsius dan resistansi lilitan kumparan awal stator dinyatakan $R_{t(awal)}$ satuan ohm serta hasil tegangan listrik ac output dinyatakan $V_{O(awal)}$ satuan volt ac. Kondisi suhu awal di ukur menggunakan alat ukur temperatur meter $T_{ind.(awal)} = 30,0$ °C, kemudian pengukuran parameter $V_{O(awal)} = 12,68$ volt ac. Selanjutnya pengukuran resistansi $R_{t(awal)}$ dengan ohm meter sebesar $1,28$ Ω.

Rekapitulasi hasil nilai $T_{ind.(awal)}$, $R_{t(awal)}$ dan $V_{O(awal)}$ seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil parameter $R_{t(awal)}$ dan $V_{O(awal)}$ pada kondisi $T_{ind.(awal)}$.

$V_{rpm(rotor)}$	$T_{ind.(awal)}$	$V_{O(awal)}$	$R_{t(awal)}$
(rpm)	(celsius)	(volt)	(ohm)
900	30,0 °C	12,68	1,28

Perlakuan kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator dilakukan dengan cara memanaskan permukaan lingkaran puli magnet permanen rotor

dengan nyala api dari lilin [4]. Panas permukaan puli rotor ini diteruskan ke dapur induksi elektromagnetik alternator menimbulkan kenaikan suhu awal parameter $T_{ind.(awal)} = 30,0$ °C berubah menjadi parameter $T_{ind.}$ sebesar 62 °C. Nilai $T_{ind.(temp.)}$ menjadi sebesar 62 °C di ukur menggunakan alat ukur temperatur meter. Kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator dari kondisi awal parameter $T_{ind.(awal)}$ menjadi kondisi parameter $T_{ind.}$ seperti Tabel 2.

Tabel 2. Kenaikan suhu induksi elektromagnetik alternator.

Suhu awal dapur induksi	Kenaikan suhu dapur induksi
$T_{ind.(awal)}$	$T_{ind.}$
(°C)	(°C)
30,0	62,0

Perlakuan kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator mencapai $T_{ind.} = 62$ °C menimbulkan kenaikan resistansi lilitan kumparan stator dari kondisi awal, yaitu parameter $R_{t(awal)}$ menjadi parameter $R_{temp.}$ satuan ohm [10]. Hasil pengukuran parameter $R_{temp.}$ dengan menggunakan alat ukur ohm meter digital yang ditampilkan sebesar $R_{temp.} = 2,47$ Ω. Adapun bahan penghantar lilitan kumparan stator terbuat dari tembaga (Cu) memiliki koefisien suhu dinyatakan parameter α [11]. Analisa numerik perubahan nilai resistansi lilitan kumparan stator terhadap temperatur berdasarkan koefisien suhu hambatan bahan penghantar tembaga kumparan mengacu pada persamaan (2), yaitu:

$$R_{temp.} = R_{t(awal)} [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad (2)$$

Keterangan:

$R_{temp.}$ = Resistansi pada kondisi temperatur, ohm

Koefisien suhu hambatan jenis bahan penghantar lilitan kumparan spul stator

dalam satuan $^{\circ}\text{C}^{-1}$ dihitung dengan menggunakan persamaan (3), sbb:

$$R_{temp.} = R_{t(awal)} [1 + \alpha (t_2 - t_1)] \quad (3)$$

$$2,47 = 1,28 [1 + \alpha \cdot (62 - 30)]$$

$$2,47 = 1,28 [1 + \alpha (32)] = 1,28 + 40,96 \alpha$$

$$1,19 = 40,96 \alpha$$

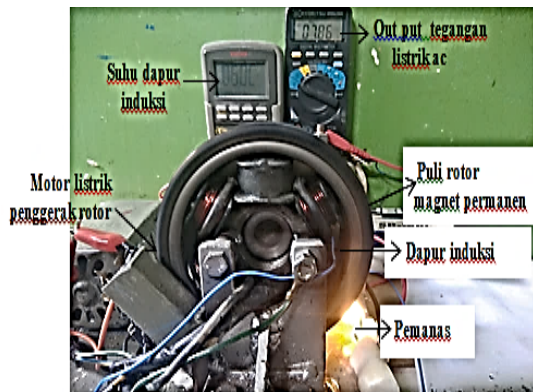
$$\alpha = \frac{1,19}{40,96} = 0,0291 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$$

Nilai koefisien suhu hambatan jenis bahan penghantar lilitan kumparan α sebesar $0,0291 \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ pada perubahan resistansi R_{awal} menjadi R_{temp} seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Kenaikan resistansi lilitan

Suhu awal	Kenaikan suhu dapur induksi	Koefisien suhu bahan kumparan	Kenaikan resistansi
$T_{ind.(awal)}$	$T_{ind.}$	$\alpha \text{ (} ^{\circ}\text{C}^{-1}\text{)}$	$R_{temp.}$
30 $^{\circ}\text{C}$	62 $^{\circ}\text{C}$	0,0291	2,47 Ω

Kenaikan resistansi lilitan kumparan stator dari kondisi awal menjadi parameter $R_{temp.}$ sebesar 2,47 Ω seiring dengan penurunan tegangan listrik outputnya dinyatakan parameter $V_{O(temp.)}$. Penurunan tegangan output dari kondisi awal, yaitu $V_{O(awal)} = 12,68$ volt (data dari tabel 1) berubah menjadi sebesar $V_{O(temp.)} = 7,86$ volt ac. Tampilan pengukuran penurunan nilai tegangan output menjadi $V_{O(temp.)} = 7,86$ volt ac pada kondisi suhu dapur induksi alternator menjadi sebesar $T_{ind.} = 62 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran V_0 pada kondisi $T_{ind.} = 62 \text{ } ^{\circ}\text{C}$

Rekapitulasi nilai V_0 terhadap kenaikan resistansi $R_{temp.}$ untuk kenaikan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator mencapai $T_{ind.} = 62 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ seperti Tabel 4.

Tabel 4. Hasil $V_{O(temp.)}$ dan R_{temp}

rpm	$T_{ind.}$	$R_{temp.}$	$V_{O(temp.)}$
	$^{\circ}\text{C}$	(ohm)	(volt ac)
900	62,0	2,47	7,86

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian pada perlakuan menaikkan kondisi suhu dapur induksi elektromagnetik alternator mencapai parameter $T_{ind.} = 62 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ menimbulkan efek kenaikan resistansi lilitan kumparan spul stator menjadi $R_{tem.} = 2,47 \text{ } \Omega$ seiring penurunan nilai tegangan listrik out putnya menjadi sebesar $V_{O(temp.)} = 7,86$ volt ac. Hal ini dinyatakan bahwa resistansi lilitan kumparan stator ini adalah resistansi internal tegangan listrik output alternator yang berfungsi sebagai pembangkit listrik ac. Dengan demikian perubahan naiknya nilai resistansi lilitan kumparan stator menjadi seiring penurunan tegangannya. Rekapitulasi naiknya nilai resistansi lilitan kumparan yang seiring dengan penurunan hasil tegangan listrik output lilitan kumparan spul stator seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kenaikan parameter $R_{temp.}$ dan penurunan level tegangan output.

$T_{ind.}$	$R_{temp.}$	$V_{O(temp.)}$
($^{\circ}\text{C}$)	(ohm)	(volt ac)
30	1,28	12,68
62	2,47	7,86

Pada penelitian ini jumlah lilitan kumparan spul stator yang digunakan

tetap atau tidak dilakukan perubahan. Akibat kenaikan resistansi lilitan kumparan stator, maka tegangan listrik ac out put alternator pembangkit ac berkurang. Kondisi lilitan kumparan stator mengalami penambahan panas dapat menimbulkan perubahan besar kenaikan nilai resistansinya. Hasil perhitungan nilai koefisien suhu bahan penghantar lilitan stator parameter α sebesar $0,0291 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ untuk perubahan nilai resistansinya yang relatif kecil seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai $R_{temp.}$ untuk koefisien suhu α bahan penghantar lilitan.

Suhu dapur induksi	Kenaikan resitansi	Koefisien suhu bahan kumparan
$T_{ind.}$	$R_{temp.}$	α
($^\circ\text{C}$)	(ohm)	($^\circ\text{C}^{-1}$)
30	1,28 ohm	0,0291
62	2,47 ohm	

Pada penelitian ini jumlah lilitan kumparan spul stator rancang bangun peralatan alternator pembangkit listrik ac tidak berubah atau tidak di variasikan.

Kesimpulan

1. Peralatan alternator menghasilkan tegangan listrik ac output pada lilitan kumparan stator berdasarkan proses induksi elektromagnetik dalam dapur induksi elektromagnetik alternator.
2. Kenaikan suhu dapur induksi magnetik alternator menimbulkan terjadinya efek kenaikan resistansi bahan penghantar lilitan kumparan stator seiring dengan penurunan hasil tegangan listrik ac out put pada lilitan kumparan stator tersebut.
3. Kenaikan resistansi lilitan kumparan pada perubahan parameter $T_{ind.} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ menjadi $T_{ind.(temp.)}$ sebesar $62 \text{ } ^\circ\text{C}$ diperoleh nilai hasil perhitungan koefisien suhu bahan penghantar

lilitan kumparan stator parameter α sebesar $0,0291 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

4. Kondisi awal suhu dapur induksi elektromagnetik alternator adalah $T_{ind.(awal)}$ sebesar $30 \text{ } ^\circ\text{C}$ dengan nilai kondisi resistansi awal parameter $R_{t(awal)}$ sebesar $1,28 \text{ } \Omega$ menghasilkan nilai tegangan listrik ac output awal pada lilitan kumparan stator tersebut sebesar $V_{O(awal)} = 12,68 \text{ volt ac}$
5. Pada perubahan suhu dapur induksi elektromagnetik alternator merubah nilai kondisi awal parameter $R_{t(awal)}$ menjadi kondisi parameter $R_{temp.}$ sebesar $2,47 \text{ } \Omega$ dengan hasil tegangannya $V_{O(temp.)} = 7,86 \text{ volt ac}$.

Daftar Pustaka

- [1] D. Budi Dharmawan, Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah Permanent Magnet Generator as Low Speed Electric Power Plant, Jurnal Dinamika Rekayasa Vol. 8, ISSN 1858-3075, 2012
- [2] H. Prasetijo, Generator Magnet Permanen Sebagai Pembangkit Listrik Putaran Rendah, volume 8, no. 2, 2021
- [3] Pambudi, "Pengaruh variasi beban pada pemanas induksi untuk mendapatkan penghematan optimum, 2021
- [4] M. Pratomo, Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Dapur Induksi Berbasis Elektromagnetik Pada Pencairan Aluminium, Published Fakultas Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang
- [5] Basyirun, Pengaruh Variasi Jumlah Lilitan Coil Induktansi Terhadap Perubahan Temperatur Dapur Induksi Elektromagnetik.
- [6] Zhulkarnaen, Perancangan Dan Pembuatan Pemanas Induksi Dengan Metode Pancake Coil Berbasis Mikrokontroller Atmega 8535, Jurnal

- Ilmiah Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 2013
- [7] D. Slamet Pambudi, Pengaruh Variasi Beban Pada Pemanas Induksi Untuk Mendapatkan Penghematan Optimum, Politeknosains Edisi Khusus Dies Natalis, Prodi Teknik Elektro Surakarta, pp. 50-57, 2012
- [8] A. A., Shiddiq, and Sulis S. dkk, Akuisisi Data Pengukuran Temperatur Berbasis LABVIEW, Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Vol. 5, pp.224-228, 2022
- [9] H. H. Parlindungan P, Energi Mekanik Penggerak Poros Magnet Rotor pada Alternator Pembangkit Listrik AC, Jurnal of Technical Engineering Piston, Vol. 5 no.2, pp.114-122, 2022
- [10] P. B. dan H. Firdaus, Metode Resistansi Untuk Pengukuran Kenaikan Temperatur Lilitan Berdasarkan SNI IEC 60335-1:2009 Studi Kasus Mesin CucI, Pusat Penelitian Sistem Mutu dan Teknologi Pengujian – LIPI, pp. 169-176, 2013
- [11] Moh. Khoirul F., Pengaruh Variasi Jumlah Lilitan Coil Induktansi terhadap perubahan temperatur pada dapur induksi elektromagnetik, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, 2020.