

RANCANG BANGUN ELECTRICAL MOTOR DUMMY LOAD BERBASIS ARUS EDDY

Dadi Mulyadi¹, Fenty Febriyanti², Dwi Septiyanto³, Nanang Mulyono⁴

1,2,3,4 Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga 40012, Bandung, Indonesia
Email: dadi.mulyadi.tlis18@polban.ac.id

Abstrak

Dummy Load merupakan alat yang berfungsi untuk mensimulasikan beban listrik. sistem ini berfungsi untuk melakukan pengujian terhadap efektivitas kinerja dari motor listrik. karena pada dasarnya Ketika motor listrik terus dibebani maka akan muncul sebuah efek pembebanan. Penelitian ini membahas tentang rancang bangun *dummy load* mulai dari proses perancangan hingga pembuatan. Tujuannya adalah membuat *dummy load* yang dapat membebani motor listrik dan menghasilkan torsi pembebanan maksimum sebesar 2,3 Nm dan kecepatan putaran 700 Rpm. *Dummy load* ini dibuat dengan prinsip pengereman arus eddy, dan terdiri dari dua modul pengereman. Modul pertama terdiri dari lima solenoid dan modul kedua terdiri dari empat solenoid. kedua modul tersebut dirangkai secara paralel. *Dummy load* telah berhasil dibuat sesuai dengan diharapkan. *Dummy load* tersebut memiliki torsi pembebanan terbesar 2,405 Nm dengan kecepatan putaran sebesar 710 Rpm.

Kata kunci: Dummy Load, Pembebanan motor listrik, Torsi Pembebanan, Motor listrik, dan arus eddy

Abstract

Dummy Load is a tool that serves to simulate electrical loads. This system serves to test the effectiveness of the performance of the electric motor. because basically when the electric motor continues to be loaded it will appear a loading effect. This study discusses the design of the dummy load from the design process to the manufacture. The purpose of this system is a dummy load that can overload the electric motor besides producing a maximum loading torque of 2.3 Nm and a rotation speed of 700 Rpm. This dummy load is made on the principle of eddy current braking, which uses two modules. The first module consists of five solenoids and the second module consists of four solenoids. The two modules are connected in parallel. *Dummy load* has been successfully created as expected. The dummy load has the largest loading torque of 2.405 Nm with a rotation speed of 710 Rpm.

Keywords: Dummy Load, electric motor loading, loading torque, electric motor, and eddy current

I. PENDAHULUAN

Pemakaian motor listrik dalam kegiatan industri sangat diperlukan karena semua kegiatan yang ada di industri pasti menggunakan motor listrik dalam menyelesaikan pekerjaannya, karena motor listrik didalam kegiatan industri digunakan sebagai penggerak peralatan atau mesin yang ada di industri. Motor listrik mampu mengubah energi listrik menjadi Energi mekanik yang membantu menggerakkan seperangkat peralatan yang berada pada industri tersebut. Di industri sendiri motor listrik digunakan sekitar 70%-80% dari total beban listrik di industri. Akan tetapi jika motor listrik digunakan secara terus menerus apakah motor tersebut bekerja secara 100% atau menurun akibat dari efek pembebanan? Dalam kasus ini maka diperlukannya sebuah pengujian pada motor listrik yang fungsinya untuk menguji efektifitas kinerja pada motor listrik.

Mulyadi[1] telah merancang dan mensimulasikan alat dummy load menggunakan aplikasi comsol hasil yang didapatkan dalam perancangan tersebut sebuah grafik kecepatan

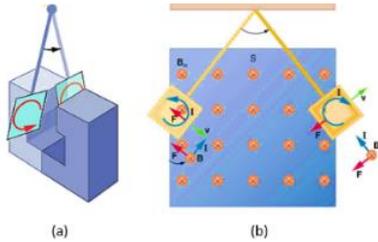
sudut fungsi waktu dan grafik torsi fungsi waktu. Yang dimana pada grafik kecepatan sudut fungsi waktu menghasilkan sebuah penurunan kecepatan sudut sebesar 126,323 pada waktu ke 30 detik. Dan pada torsi sendiri semakin lama dibebani mengalami sebuah kenaikan sebesar 0,00542 pada detik ke 30. Yang dimana pada detik ke 0 sekon torsi bernilai 0,005 Nm.

Wesley J.[2] telah menerapkan arus eddy pada kursi roda dengan cara catu daya electro industries dipasang ke kabel stator perakitan rem arus eddy dan disetel ke 30 Volt yang menghasilkan arus sekitar 6 Amps melalui belitan stator.

Zhao Li.dkk [3] melakukan pendekatan pemodelan analisis dua dimensi campuran. Dari kegiatan tersebut diperoleh reaksi medan magnet, arus eddy, gaya elektromagnetik dan torsi bentuk-tertutup untuk perangkat tersebut.

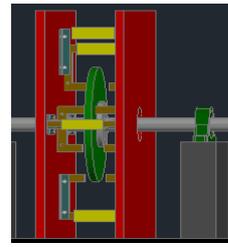
Nazaruddin Sinaga dan Marsono H. Sonoda [4] membuat sebuah solenoid Dinamometer arus eddy. dari kegiatan tersebut menyimpulkan bahwa kawat Hellenic mediotrem 200 yang telah diuji cobakan

untuk sebuah solenoid mampu menghasilkan torsi sebesar 62,07 Nm untuk solenoid yang tersusun 8 tumpukan kawat dengan sepanjang kawat 184 m seberat 1,6 Kg. suhu tertinggi dicapai pada ujung kawat sebelah luar, masih jauh dari pada suhu maksimum yang di ijinan. Penelitian ini membahas tentang rancang bangun dummy load mulai dari proses perancangan hingga pembuatan. Tujuannya adalah membuat dummy load yang dapat membebani motor listrik dan menghasilkan torsi pembebanan maksimum sebesar 2,3 Nm dan kecepatan putaran 700 Rpm. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1 penginduksian arus eddy

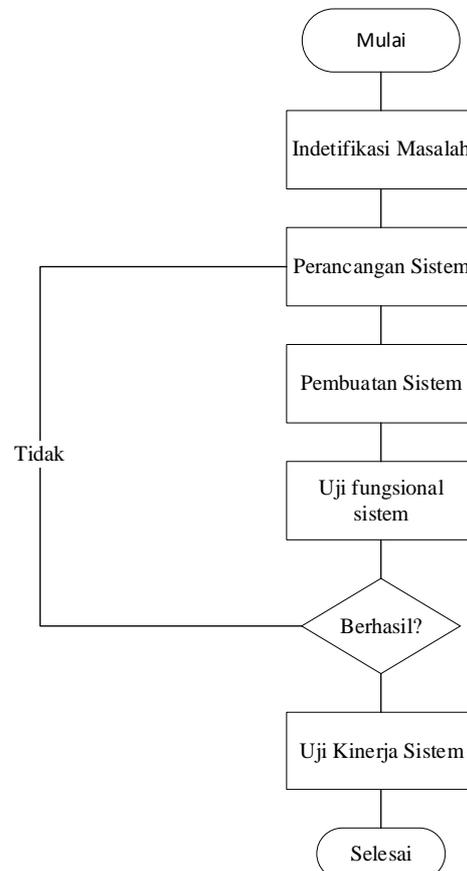
Pada prinsipnya *eddy current* atau arus eddy merupakan suatu arus yang dihasilkan oleh sebuah arus yang mengalir pada sebuah plat konduktif dan arus tersebut diinduksikan dalam plat tersebut. Yang disebabkan oleh fluks magnet yang berubah-ubah atau bergerak melalui sebuah medan magnet. Menurut hukum lenz suatu medan magnet yang dihasilkan oleh suatu arus induksi maka arus yang dihasilkan tersebut akan berlawanan arah dengan penginduksinya. Oleh sebab itu, satu medan magnet yang dihasilkan oleh arus eddy ini ditolak oleh medan magnet penginduksinya dari efek tersebut menimbulkan sebuah gaya yang berlawanan dengan dengan Gerakan logam konduktif tersebut. Rem arus eddy ini akan beroperasi sama dengan seperti logam konduktif yang melewati sebuah medan magnet. Didalam rem ini, logam konduktif berbentuk sebuah piringan berputar lalu menembus beberapa medan magnet. Stator elektromagnet ini akan dipasang mengelilingi piringan konduktif sehingga akan menghasilkan medan magnet yang tegak lurus dengan sebuah penampang piringan. Arus eddy yang timbul di piringan konduktif tersebut akan menimbulkan suatu medan magnet yang akan menahan pergerakan dari piringan konduktif tersebut sehingga menampilkan sebuah efek torsi pengereman. Kuatnya medan magnet yang dihasilkan tergantung besar arus yang disuplai ke solenoid. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan seperti gambar 2.



Gambar 2 skema pengereman arus eddy

II. METODE PENELITIAN

Dalam merancang dan membuat sistem *dummy load*, tahapan pertama yang harus dilakukan adalah indentifikasi masalah. Indentifikasi masalah, yang terdapat pada rancangan sistem *dummy load* adalah bagaimana alat ini dirancang, dibuat dan bagaimana menentukan spesifikasi model Seperti yang digambarkan oleh diagram alir 3.



Gambar 3. diagram perancangan dan pembuatan sistem

Berdasarkan diagram alir dummy load memiliki spesifikasi yang ditunjukkan oleh gambar 1.

Tabel 1 Spesifikasi sistem

No	Variable	Modul 1	Modul 2
1	Diameter Kawat [m]	0.001025	0.00115
2	Panjang Kawat [m]	316,4613	232,9761
3	Lebar inti besi [m]	0,06	0,06
4	Jumlah lilitan [-]	350	240
5	Jumlah solenoid [-]	5	4
6	Diameter piringan [m]	0,1	0,1
7	Keliling inti besi [m]	0,36	0,36
8	Ketebalan piringan [m]	0,1	0,1
9	Panjang inti besi [m]	0,96	0,96
10	Diameter poros [m]	0,023	0,023
11	Celah udara [m]	0,01	0,01
12	Masa jenis bahan [Ωm]	$2,82 \times 10^{-8}$	$2,82 \times 10^{-8}$
13	Arus [A]	1,1 A	1,1A
14	Tegangan AC [V]	220	220
15	Fasa [-]	1	1
16	Frekuensi [Hz]	50	50
17	Torsi [Nm]	2,3	2,3
18	kecepatan motor [Rpm]	2490	2490
19	Efisiensi [-]	92%	92%
20	Cos Phi [-]	0,88	0,88

Berdasarkan pada tabel 1 gaya kemampuan pembebanan mekanik sebesar 7,09 Newton. Sehingga dapat menghitung total medan magnet pada solenoid dapat dihitung menggunakan persamaan 1[1,2,3].

$$B = \sqrt{\frac{Fe \times \rho}{D^2 dcv}} \quad (1)$$

Dengan

- F = gaya pengereman (Newton)
- ρ = hambatan jenis spesifik plat konduktif (Ωm)
- D = diameter inti solenoida (m)
- d = tebal piringan konduktif (m)
- B_0 = total besar medan magnet (Tesla)
- c = rasio dari total resistansi kontur
- v = kecepatan tangensial piringan konduktif(m/s)

Berdasarkan persamaan 1 dapat dihitung medan magnet yang bangkit pada tiap solenoid menggunakan persamaan 2

$$B = \frac{B_0}{s} \quad (2)$$

Dengan

- B = besar medan magnet tiap solenoida (Tesla)
- B_0 = total besar medan magnet (Tesla)
- S = jumlah solenoida

Berdasarkan pada persamaan (2) dapat dihitung besar fluks yang bangkit pada tiap solenoida dapat menggunakan persamaan (3).

$$\varphi = B \cdot A_g \quad (3)$$

Dengan

- Φ = besar fluks magnet tiap solenoida (Weber)
- B = besar medan magnet tiap solenoida (Tesla)
- A_g = luas permukaan celah udara (m^2)

Berdasarkan persamaan (3) dapat mencari nilai arus yang mengalir pada tiap solenoida menggunakan persamaan (4)

$$I = \frac{\varphi_{Retotal}}{N} \quad (5)$$

$$Retotal = R_{core} + R_{gap} \quad (6)$$

$$Retotal = \frac{l}{\mu_0 \mu_r A_c} + \frac{g}{\mu_0 A_g} \quad (7)$$

Dengan

I = besar arus yang mengalir pada kumparan solenoid (Ampere)

Φ = besar fluks magnet tiap solenoida (Weber)

$R_{e_{total}}$ = reluktansi total (At/Wb)

N = banyak lilitan pada solenoida

R_{core} = Reluktansi Inti Solenoid (At/wb)

μ_0 = permeabilitas udara = 1.257×10^{-6} Wb/Am

μ_r = permeabilitas inti solenoida (Wb/Am)

A_c = luas permukaan inti solenoida (m^2)

R_{gap} = reluktansi celah udara (At/Wb)

g = Panjang celah udara

A_g = luas permukaan celah udara (m^2)

R_{total} = Reluktansi total (At/wb)

Berdasarkan persamaan (5) nilai arus sudah didapatkan dapat menghitung nilai tegangan atau GGL menggunakan persamaan (8)

$$\varepsilon = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (8)$$

Dengan

GGL (ε) = ggl induksi pada ujung kumparan (Volt)

N = Jumlah lilitan pada kumparan (lilitan)

$\frac{d\phi}{dt}$ = laju perubahan fluks magnetic (Wb/s)

Selain itu mencari nilai tegangan bisa menggunakan persamaan (9)

$$\varepsilon = I \cdot R \quad (9)$$

Dengan

V = tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = hambatan (Ohm)

Sebelumnya mencari nilai hambatan bisa menggunakan persamaan (8)

$$R = \frac{\rho \cdot l}{A} \quad (10)$$

Dengan

R = hambatan (ohm)

ρ = hambatan jenis spesifik plat konduktif (Ωm) = $1,68 \times 10^{-8}$

L = panjang stator untuk membungkus kumparan (Lilitan)

($L=P-2X0,075$)

A = diameter piringan konduktif (m)

Berdasarkan persamaan (7) dan (8) bisa menghitung nilai daya solenoid.

$$P = V I \quad (9)$$

Dengan

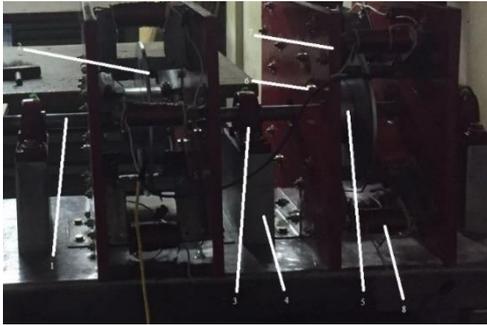
P = Daya (watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian ini menghasilkan sebuah sistem seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.



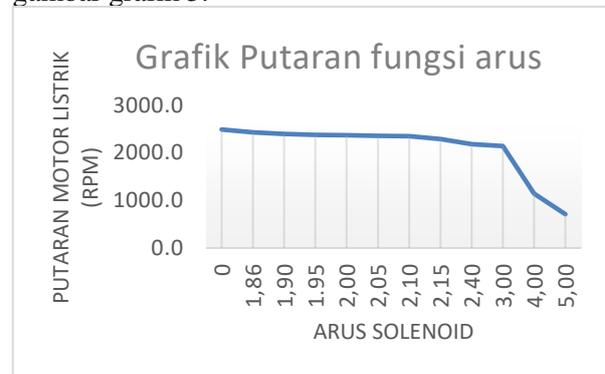
Gambar 4 sistem *dummy load*

Berdasarkan gambar 4 dalam mengoperasikan sistem *dummy load* dengan cara motor listrik diseproskan dengan menggunakan poros yang ditunjukkan gambar (1). Ketika motor listrik berputar maka piringan konduktif ikut berputar yang ditunjukkan oleh gambar (2). Untuk menahan laju putaran yang dihasilkan oleh motor listrik agar poros gambar (1) tidak berpindah posisi putarannya maka dipasang pillow dusk yang ditunjukkan oleh gambar (3). Untuk menahan pillow dusk menggunakan dudukan pillow dusk ditunjukkan pada gambar (4) yang dipasang menggunakan sekrup. Ketika motor listrik berputar piringan akan berputar supaya posisinya tidak berubah dipasang penahan piringan yang seperti gambar titik (5). Untuk menahan solenoid agar posisinya tidak berubah diberikan sebuah sekrup supaya tidak berubah posisinya yang ditunjukkan gambar (6). Untuk menahan piringan posisi solenoid agar tidak berubah posisi menggunakan MDF gambar (7). Solenoid gambar (8) Ketika diberikan arus maka akan menghasilkan sebuah medan magnet dan menghambat putaran piringan yang dimana diseproskan dengan motor listrik. Untuk menguji sistem *dummy load* variable ujiannya: Arus motor listrik, Putaran pada *dummy load*, putaran pada motor listrik, arus solenoid, dan torsi pengereman. Seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2 hasil Pengujian

Vmotor (Volt)	Imotor(A)	Rpm Motor(Rpm)	Arus Solenoid(A)	torsi (Nm)
235	0,7	2490	0	0,511
234,4	0,7	2430	1,86	0,522
234,5	0,8	2400	1,9	0,605
234,4	0,8	2380	1,95	0,609
234,1	0,8	2370	2,00	0,611
234,2	0,8	2360	2,05	0,614
234,3	0,8	2350	2,1	0,617
234,3	0,8	2290	2,15	0,633
234,1	0,8	2180	2,40	0,665
234,3	0,8	2140	3,00	0,678
234,4	0,8	1140	4,00	1,272
234,6	0,8	710	5,00	2,045

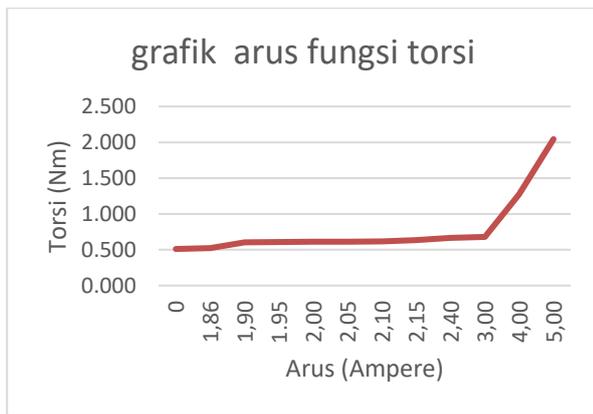
Berdasarkan dari tabel uji 2 menunjukkan hasil dari beberapa variable pengujian. Ketika nilai arus yang disuplai pada ke solenoid 0 Ampere. Maka putaran pada motor listrik tersebut masih normal putarannya dan tidak terjadinya efek pembebanan pada motor tersebut. Ketika arus disuplai ke solenoid sebesar 1,86 Ampere. Mulai adanya sebuah efek pembebanan yang dapat dilihat pada penurunan putaran motor listrik yang dimana awalnya motor listrik tersebut pada saat putaran normalnya sebesar 2490 Rpm turun menjadi sebesar 2430. Kemudian solenoid di suplai arus sebesar 1,9 Ampere putaran pada motor listrik turun karena arus yang disuplai semakin besar. Putaran motor listrik Ketika arus yang disuplai 1,9 Ampere sebesar 2400 Rpm. Arus yang kesolenoid dinaikan menjadi 1,95 Ampere semakin terasa efek pembebanannya yang dimana putaran pada motor listrik semakin turun menjadi 2380 Rpm. Untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan oleh gambar grafik 5.



Gambar 5 grafik putaran fungsi arus

Berdasarkan gambar grafik 5 menghasilkan respon grafik dimana putaran akan semakin turun dengan naiknya arus yang disuplai pada ke solenoid. Arus yang disuplai ke solenoid tersebut akan menghasilkan sebuah medan magnet dan Ketika piringan ini berputar maka medan magnet akan menghambat laju putaran dari motor listrik.

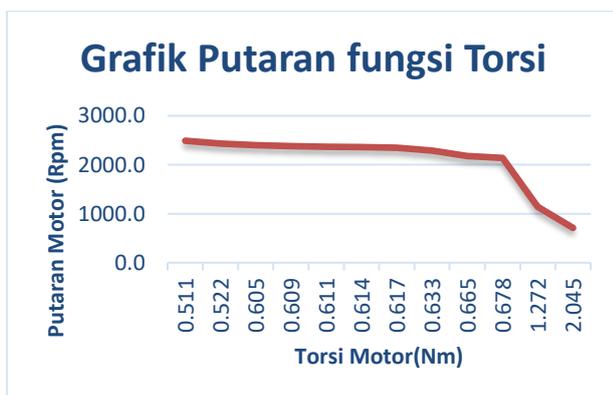
Dalam pengujian sistem *dummy load* variable selanjutnya yang diuji torsi pengeraman yang dihasilkan Ketika arus listrik yang disuplai ke solenoid dan menghasilkan torsi pengereman. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar grafik 6.



Gambar 6 grafik arus fungsi torsi

Berdasarkan gambar grafik 6 ketika solenoid belum disuplai arus listrik torsi pengeremannya bernilai 0,511 Nm. Kemudian solenoid disuplai arus listrik sebesar 1,86 Ampere nilai torsi pengereman yang dihasilkan dari pengukuran sebesar 0,522 Nm. Arus yang ke solenoid dinaikan sebesar 1,9 Ampere torsi pengukuran yang dihasilkan pengukuran naik menjadi 0,605. Arus solenoid disuplai lagi dengan arus maksimum sebesar 5 Ampere. Menghasilkan nilai torsi pengereman sebesar 2,045 Nm.

Dari arus yang disuplai ke solenoid menghasilkan torsi pengereman. Yang dimana torsi pengereman ini akan menghambat putaran dari piringan yang otomatis Ketika piringan tersebut mengalami efek pembebanan makan akan turub kecepatan putarannya. Untuk lebih jelasnya seperti yang ditunjukkan gambar grafik 7.



Gambar 7 grafik putaran fungsi torsi

Berdasarkan gambar grafik 7 grafik putaran fungsi torsi. Respon yang dihasilkan Ketika nilai torsi pengeremannya bernilai 0,511 Nm putaran pada motor listrik masih normal sebesar 2490 Nm. Kemudian nilai torsi naik akibat suplai arus yang diberikan ke solenoid sebesar 1,8A nilai torsi naik menjadi 0,522 sedangkan putaran pada motor listrik turun menjadi 2430 Rpm. Nilai torsi naik lagi akibat suplai arus yang berbeda ke solenoid nilai torsi

menjadi 0,605 Nm putaran motor listrik turun menjadi 2400 Rpm. Kemudian solenoid disuplai arus maksimum menghasilkan torsi pengereman sebesar 2,405 Nm dan putaran pada motor listrik turun menjadi 710 Rpm.

IV. KESIMPULAN

Dummy load telah berhasil dibuat sesuai dengan diharapkan. *Dummy load* tersebut memiliki torsi pembebanan terbesar 2,405 Nm dengan kecepatan putaran sebesar 710 Rpm.

V. SARAN

Supaya efek pembebanan lebih bervariasi dan meningkat, disarankan untuk mengubah konfigurasi kumparan/solenoid dan sumber arus yg diberikanya. selain itu, fitur-fitur tambahan seperti alat ukur torsi dinamik, arus, tegangan dan kecepatan dapat ditambahkan pada dummyload ini supaya mudah dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Brin.Wesley, "Design and Fabrication of an Eddy Current Brake Dynamometer for Efficiency Determination of Electric Wheelchair Motors" (2013). Browse all Theses and Dissertations. 753. https://corescholar.libraries.wright.edu/etd_all/753
- [2] Mulyadi, D., Mulyono, N., & Septianto, D. (2021, September). Perancangan Polynomial Dummy Load untuk Motor Listrik Berbasis Arus Eddy 1000 Watt. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 12, pp. 497-503).
- [3] Febryanti, Fenty, Dwi Septiyanto, and Nanang Mulyono. "Perancangan Linear Dummy Load untuk Motor Listrik Berbasis Arus Eddy 1000 Watt." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 12. 2021.
- [4] Zhao,li.,dazhi,wang.,di,zheng.,andlixin,yu," Analytical modeling and analysis of magnetic field and torque for novel axial flux eddy current couplers with PM excitation" Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China. 6 October 2017.
- [5] Sinaga, N. dan Sonda, M.H. 2013. Pemilihan Kawat Enamel untuk Pembuatan Solenoid Dinamometer Arus Eddy dengan Torsi Maksimum 496 Nm. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1): 5-11.
- [6] Syah,Fahma Imiah,Karwono, dan Senthot Dhimas W.R. .Juli 2018."Perancangan dan pembuatan dynamometer eddy current untuk pengujian motor bakar 0,81 kw". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang,16(1).
- [7] Sani,Amas.,Setiawan,Herry.Ir.MT.,&Nugroho,AjiBrahma,S.Si,M.T.(2017)."Studi sistem pengereman roda menggunakan medan magnet "Teknik Elektro,Fakultas Teknik,Universitas Muhammadiyah Jember.
- [8] Bagia,I.Yoman.,danParsa,I.Made.(2018)."Motor-motor listrik".(1) CV. Rasi Terbit.

- [9] Alexandre José Rosa Nunes and Francisco Miguel Ribeiro Proença Brojo, (2020), "Designing an Eddy Current Brake for Engine Testing" in International Congress on Engineering — Engineering for Evolution, KnE Engineering, pages 743–756. DOI 10.18502/keg.v5i6.7094.
- [10] Tarımer, İlhan, Adile Akpunar, and Rıza Gürbüz. 2008, "Design of a Direct Sliding Gearless Electrical Motor for an Ergonomic Electrical Wheelchair," Electronics and electrical engineering. 3(83).