

Perancangan Polynomial Dummy Load untuk Motor Listrik Berbasis Arus Eddy 1000 Watt

Dadi Mulyadi¹, Nanang Mulyono², Dwi Septianto³

¹Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40012

E-mail : dadi.mulyadi.tlis18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40012

E-mail : Nanang_mulyono@yahoo.com

³Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, 40012

E-mail : Dwi.septianto@polban.ac.id

ABSTRAK

Atikel ini membahas tentang PERANCANGAN POLYNOMIAL DUMMY LOAD UNTUK MOTOR LISTRIK BERBASIS ARUS EDDY 1000 WATT. Alat yang dirancang ini mampu melakukan sebuah pengujian pada daya keluaran motor yang dimana tujuannya untuk mengetahui bagaimanana kinerja motor jika terus dibebani. selain Untuk menempuh perancangan alat tersebut digunakan sebuah metode pendekatan karakteristik polynomial dengan cara perhitungan numerik pada mikrokontroller berbasis kurva beban torsi fungsi waktu, kurva kecepatan sudut fungsi waktu dan beban mekanik yang didapatkan dengan cara eddy current brake. Tujuan dari rancangannya alat ini untuk mendapatkan hasil rancangan alat dummy load yang berkapasitas 1000 watt, Di JTE POLBAN belum memiliki sistem yang seperti ini, Dan selain itu juga mampu melakukan sebuah pengujian pada motor listrik saat alat ini direalisasikan. Hasil dari perhitungan perancangan putaran sebesar 1420 rpm, selain itu mendapatkan hasil dari pendekatan karakteristik polynomial sebagai berikut : $I=0,5A$ menghasilkan $P_o=2,25$ watt, $I=0,6$ menghasilkan $P_o=1,96$ watt, $I=0,75$ menghasilkan $P_o=1,56$ watt, $I=0,8$ menghasilkan $P_o= 1,44$ watt, dan $I=0,83$ menghasilkan $P_o=1,36$ watt.

Kata Kunci

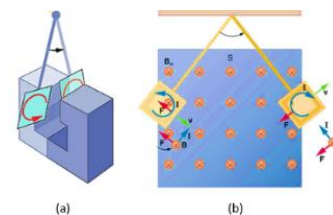
Dummy load, Motor listrik, Arus eddy, Pembebanan motor listrik, polynomial

1. PENDAHULUAN

Dalam kegiatan di industri penggunaan motor listrik sangat sering digunakan karena sebagai penunjang kegiatan di industri tersebut . menurut I yoman bagian dan I made parsia[1] dalam bukunya yang berjudul “Motor-Motor Listrik” penggunaan motor listrik dalam kegiatan di industri diperkirakan sekitar 70% dari total beban listrik untuk menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan dalam industri tersebut. Akan tetapi penggunaan motor listrik secara terus menerus apakah motor tersebut akan selalu bekerja dengan 100% prima atau mengalami penurunan dengan lamanya motor listrik itu bekerja. Oleh sebab itu perlunya sebuah pengujian pada motor listrik yang dimana tujuannya untuk mengukur motor listrik saat bekerja. Maka dibuatnya sebuah alat yang fungsinya untuk menguji daya output motor listrik (Dummy Load) untuk melakukan sebuah pengujian pada daya output motor. Selain itu juga di LAB jurusan Teknik Elektro POLBAN belum memiliki model beban semacam ini , sehingga efek pembebanan motor listrik menjadi sulit dilakukan sehingga semua efek yang pembebanan pada kabel, TOLR, kontraktor, dan alat proteksi lainnya sangat sulit untuk dipelajari dan dibuktikan , sehingga menghambat kegiatan pembelajaran atau partikum.

Dalam mengembangkan perancangan sistem dummy load penulis memilih menggunakan sistem Eddy Current Brake, Pada prinsipnya Eddy Current terjadi

ketika ada suatu arus listrik yang mengalir dan arus tersebut di induksikan pada suatu plat konduktif yang disebabkan oleh fluks magnet yang berubah atau bergerak melalui sebuah medan magnet. Dan arus eddy ini nantinya akan menghambat suatu Gerakan putaran pada motor listrik, yang biasa disebut dengan pengereman arus eddy. Pada gambar 1 menunjukkan proses penginduksian Arus Eddy.



Gambar 1. Penginduksian arus eddy

Sumber : Konsep Arus Eddy
(<http://hargasepedaterbaru.me/>)

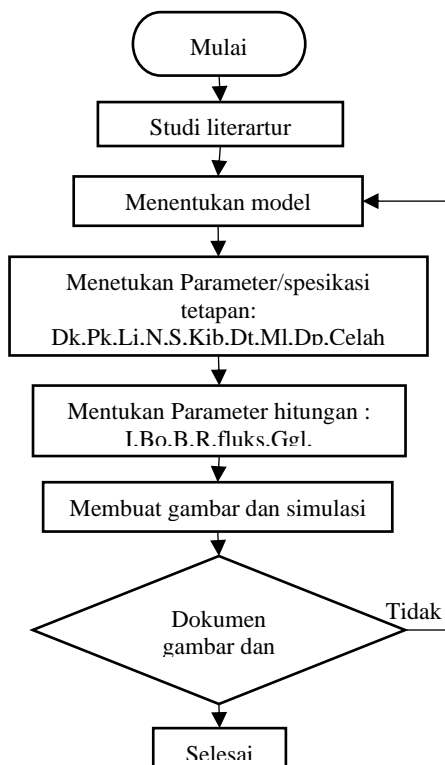
Referensi[2] dalam tesis Wesley J. Brin B.S.M.E yang berjudul “DESIGN AND FABRICATION AN EDDY CURRENT BRAKE DYNAMOMETER FOR EFFICIENCY DETERMATION OF ELECTRIC WHEELCHAIR MOTORS”. Memperbaiki sebuah kursi roda dengan mengganti baterai asam timbal menjadi baterai lithium Ion. Lalu mengganti motor besar dan berat serta sistem penggerak cacing dengan menggunakan motor hub roda yang efisien dan juga lebih ringan. Pada penelitiannya wesley berfokus pada

merancang alat, membuat alat, dan menguji alat pusanan air dinamometer rem saat ini yang secara akurat dapat menentukan efisiensi roda gigi motor hub roda direalisasikan melalui desain baru kursi roda. Hasil yang didapat dari penelitian tersebut 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. Mulai dari stop, kecepatan motor hub listrik pun perlahan meningkat hingga mencapai kecepatan maksimum. Pengujian pun dilakukan dengan lambat seperti itu bahwa jumlah titik data yang memadai dapat dikumpulkan dengan frekuensi pengambilan sampel yang rendah diperlukan selama sinkronisasi mekanis. Torsi beban, diukur antara rem arus eddy dan motor hub listrik, dan kecepatan sudut yang direkam oleh sistem akuisisi data iNet555.

Referensi[3] Supriyo dan Nizarudin Sinaga dalam penelitiannya yang berjudul “Perancangan Dinamometer Arus Eddy Kapasitas 250 KW”, dalam penelitian yang dilakukan yaitu membuat dynamometer arus eddy sebagai alat uji. Alat uji ini dihubungkan ke *chasis* yang dibebani oleh mesin uji. Dan Hasil perhitungan dari perancangan tersebut menghasilkan putaran 4000 Rpm, torsi 600 Nm, dan daya 251,3 KW. Dari beberapa refrensi diatas penulis merancang sebuah sistem dummy load ini tujuannya untuk menguji putaran motor, dengan merancang sebuah solenoid. Solenoid ini akan membebani sebuah piringan yang diseporokan dengan rotor yang dicopel menggunakan direct coupling.

2. METEDOLOGI

Flowchart penelitian ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Flowchart penelitian

Pada flowchart diatas dijelaskan Langkah dalam perancangan, Untuk mnempuh perancangan kontruksi seperti flowchart diatas maka sistem rancangan dummy load memiliki spesifikasi sebagai berikut dapat ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi sistem

No	Spesifikasi	
1	Diameter Kawat (Dk)	0.001025 m
2	Panjang Kawat (Pk)	316,4613 m
3	Lebar inti besi (Li)	0,06 m
4	Jumlah lilitan(N)	350 lilitan
5	Jumlah solenoid(S)	5
6	Diameter piringan(Dp)	0,1 m
7	Keliling inti besi(Kib)	0,36m
8	Ketebalan piringan konduktif(Dt)	0,1 m
9	Panjang inti besi(MI)	0,96 m
10	Diameter poros(Dp)	0,023 m
11	Celah udara	0,01 m
12	Masa jenis bahan piringan aluminium	$2,82 \times 10^{-8} \Omega m$

sesuai spesifikasi pada tabel 1 direncanakan kemampuan gaya pembebanan mekanik sebesar 69,90 Newton. Sehingga dapat menghitung total medan magnet pada solenoid dapat dihitung menggunakan persamaan 1.

$$B_0 = \sqrt{\frac{Fe \times \rho}{D^2 dcv}} \quad (1)$$

Dimana :

- 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

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

Dimana :

B = besar medan magnet tiap solenoida (Tesla)
B₀ = 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).

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

Dimana :

Φ = besar fluks magnet tiap solenoida (Weber)
B = besar medan magnet tiap solenoida (Tesla)
A_g = luas permukaan celah udara (m²)

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

$$I = \frac{\varphi R_{total}}{N} \quad (5)$$

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

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

Dimana :

I = besar arus yang mengalir pada kumparan solenoid (Ampere)
Φ = besar fluks magnet tiap solenoida (Weber)
R_{total} = reluktansi total (At/Wb)
N = banyak lilitan pada solenoida
R_{core} = Reluktansi Inti Solenoid (At/wb)
μ₀ = permeabilitas udara = 1.257 x 10⁻⁶ Wb/Am
μ_r = permeabilitas inti solenoida (Wb/Am)
A_c = luas permukaan inti solenoida (m²)
R_{gap} = reluktansi celah udara (At/Wb)
g = Panjang celah udara
A_g = luas permukaan celah udara (m²)
R_{total} = Reluktansi total (At/wb)

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

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

Dimana :

GGL (ε) = ggl induksi pada ujung kumparan (Volt)
N = Jumlah lilitan pada kumparan (lilitan)
 $\frac{d\varphi}{dt}$ = laju perububahan fluks magnetic (Wb/s)

Selain itu mencari nilai tegangan bisa menggunakan persamaan (9)

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

Dimana :

V = tegangan (Volt)
I = Arus (Ampere)

R = hambatan (Ohm)

Sebelumnya mencari nilai hambatan bisa menggunakan persamaan (8)

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

Dimana:

R = hambatan (ohm)
ρ = hambatan jenis spesifik plat konduktif (Ωm) = 1,68x10⁻⁸
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 tiap solenoid

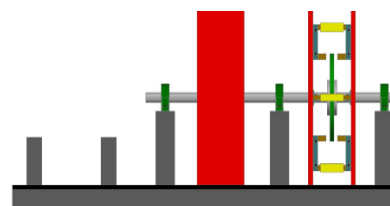
$$P = V I \quad (9)$$

Dimana:

P = Daya (watt)
V = Tegangan (volt)
I = Arus (Ampere)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

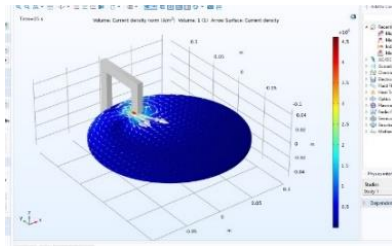
Dummy load merupakan suatu sistem yang dimana dapat mensimulasikan beban listrik. beban listrik yang dimaksud disini digunakan untuk motor listrik. Beban ini mengacu pada Output yang dihasilkan oleh sebuah motor listrik keluaran motor listrik sendiri yaitu keluaran tenaga putar/ torque sesuai kecepatan yang dibutuhkan. Untuk mensimulasikan pembebanan motor listrik dilakukan menggunakan sebuah metode pengereman elektro magnetic. Pengereman elektromagnetik yaitu Pengereman yang dimana menggunakan gaya elektromagnetik untuk memperlambat atau meng hentikan putaran motor dengan cara melalui Gerakan poros. yang dimana ada sebuah piringan dengan bahan logam non-feromagnetik dipasang pada sebuah poros berputar. Piringan tersebut dijepit oleh sisi stator berupa lilitan elektromagnetik yang dimana lilitan tersebut mampu membangkitkan suatu medan magnet karena ada sebuah arus listrik mengalir pada lilitan tersebut. dan logam piringan yang ada di apit oleh sisi stator berupa lilitan elektromagnetik tersebut memotong medan magnet yang dibangkitkan pada lilitan tersebut dan menimbulkan arus eddy yang arahnya berlawanan dengan arah medan magnet sebelumnya, sehingga dari aksi tersebut mampu menghambat Gerakan putar dari poros tersebut. seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 3. Sistem dummy load

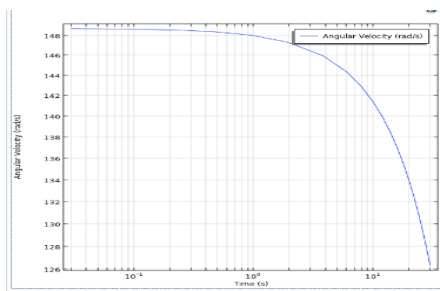
dalam perancangan ini dimensi sesuai dengan tabel Tabel 1 Spesifikasi sistem disimulasikan pada aplikasi

comsol yang dimana menghasilkan respon seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Simulasi solenoid pada aplikasi comsol

Dari simulasi tersebut didapatkan beberapa grafik yang diantaranya seperti gambar 5 gambar kurva fungsi kecepatan dan waktu, lalu pada gambar 6 yaitu gambar kurva torsi fungsi waktu.

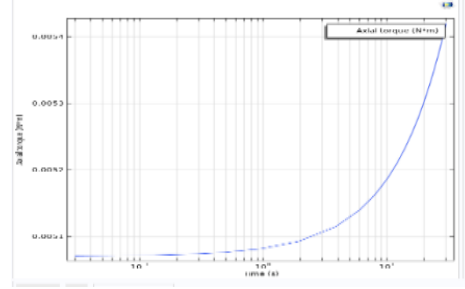


Gambar 5. Respon grafik yang dimunculkan kurva kecepatan sudut fungsi waktu

Tabel 2. Nilai respon kurva kecepatan fungsi waktu yang dimunculkan oleh comsol

Time (s)	Angular Velocity (rad/s)
0	148,702009
0,03	148,6803912
0,06	148,658772
0,12	148,61553
0,24	148,5290181
0,48	148,3559007
0,96	148,0092911
1,92	147,3145696
3,84	145,9190922
6	144,3419637
8	142,8747784
10	141,4009652
12	139,9203409
14	138,4357103
16	136,944471
18	135,447049
20	133,9429825
22	132,4323402
24	130,9150497
26	129,3911362
28	127,860606
30	126,3234893

Dari tabel 2 dapat disimpulkan bahwasanya nilai kecepatan putaran pada motor listrik Ketika terus dibebani maka nilai kecepatannya akan selalu turun dengan lamanya waktu motor listrik Ketika dibebani.



Gambar 6. Respon grafik yang dimunculkan kurva Torsi

Time (s)	Axial torque (N*m)
0	0,005070627
0,03	0,005070935
0,06	0,005071259
0,12	0,005071872
0,24	0,005073314
0,48	0,005076056
0,96	0,005081554
1,92	0,005092564
3,84	0,005114682
6	0,005139775
8	0,00516296
10	0,005186282
12	0,005209707
14	0,005233126
16	0,005256542
18	0,005280019
20	0,005303501
22	0,00532694
24	0,00535034
26	0,005373691
28	0,005396953
30	0,00542009

fungsi waktu.

Tabel 3. Nilai respon kurva torsi fungsi waktu yang dimunculkan oleh comsol

Dari tabel 3 dapat disimpulkan bahwasanya nilai torsi pada motor listrik Ketika terus dibebani maka nilai kecepatannya akan naik dengan lamanya waktu motor listrik Ketika dibebani. Dalam pengaturan nilai gaya pengereman sebesar 68,90 Newton dilakukan dengan menggunakan yang dimulai dari persamaan 1 sampai

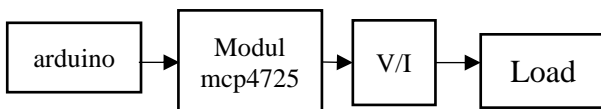
Tegangan (Volt)	Hambatan (Ohm)	Arus (Ampere)
1	2	0.5
2	3	0.6
3	4	0.75
4	5	0.8
5	6	0.83

Nama	Nilai
Gaya pengereman (Fe)	69,90 newton
Medan magnet total(B0)	3,012 Telsa
Medan magnet per solenoid(B)	0,602
fluksi	3,73662E-05
Arus (I)	1,17435458
Ggl	4,809385102
Hambatan (R)	4,095343
Daya (P)	5,647923433

dengan persamaan 10 mendapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

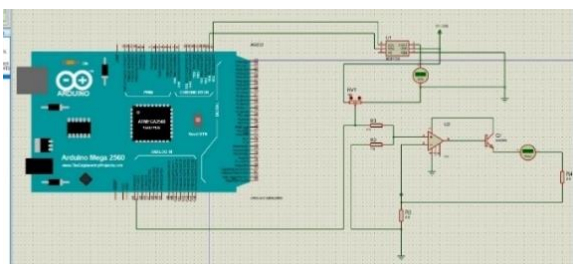
Tabel 4. Nilai berdasarkan perhitungan sesuai spesifikasi

Untuk mengatur berapa besar gaya pengereman yang dihasilkan maka dapat mengatur nilai arus yang dimana nilai nilai arus ini akan dikontrol oleh Arduino. Arus akan dikontrol oleh Arduino yang dimana menggunakan modul mcp4725, modul ini berfungsi untuk mengubah digital menjadi analog 8 bit dan tegangan dimaksimumkan 5 volt dan tegangan tersebut divariabelkan maka otomatis nilai arus pun berubah, dan arus ini akan ke beban. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar diagram blok 7.



Gambar blok 7 Skema control Electrical

Pada skema yang ditunjukkan oleh gambar blok 7 dapat disimulasikan menggunakan proteous, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 8.



Gambar 8. rangkaian simulasi control sistem

Tegangan ini dapat divariabelkan menggunakan pontisiometer yang dimana Ketika nilai tegangan berubah maka arus pun nilainya akan berubah-ubah.

Tabel 5. nilai tegangan yang ditetapkan

Pada tabel diatas merupakan nilai parameter yang dimana ingin menghasilkan arus sesuai yang ditetapkan. Pada rangkaian elektronik power ini nilai inputnya arus yang dimana nantinya pada sistem akan menghasilkan output berupa gaya pengereman. Untuk menempuh perancangan alat tersebut digunakan sebuah metode pendekatan karakteristik polynomial.

3.1 Karkteris Polynomial

Dalam Ilmu matematika, polinomial atau biasa disebut dengan suku banyak dapat diartikan sebagai pernyataan matematis yang berhubungan dengan jumlahan perkalian pangkat dalam satu atau lebih variabel dengan koefisien. Bentuk umum dari Persamaan Polynomial adalah sebagai berikut :

$$a_n x^n + \dots + a_2 x^2 + a_1 x^1 + a_0 \dots \dots \dots (II-16)$$

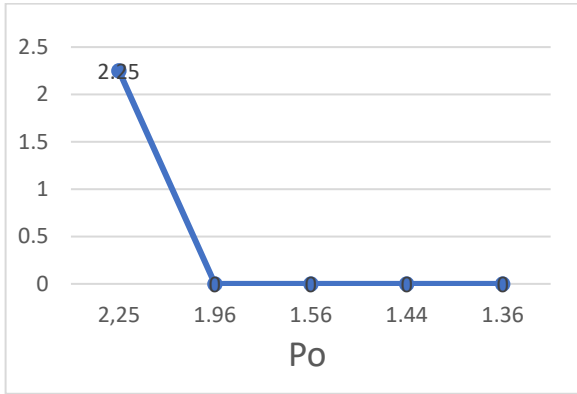
dimana a merupakan koefisien dari konstan, dan pangkat tertinggi pada polinomial tersebut yaitu n yang dimana n ini sebagai derajat tertinggi atau orde n pada polynomial. Karakteristik polynomial ialah suatu persamaan polinom (suku banyak) yang diperoleh dari sebuah matrik persegi dimana mencari nilai eigen dari suatu matrik tersebut. Jika diberikan sebuah matrik persegi yang berordo $n \times n$ bisa dikonstruksikan polinomial karakteristiknya dengan pangkat tertinggi yaitu n . dalam pendekatan karakteristik polynomial untuk pendekatan dummy load ini dibantu dengan metode perhitungan numerik untuk mendapatkan nilai-nilai yang dimana nanti nilai-nilai ini menjadi sebuah titik-titik dalam kurva dan membuat sebuah garis kurva linear atau non linear. Metode numerik itu sendiri adalah suatu metode yang dimana penyelesaian masalahnya diselesaikan secara matematis menggunakan operasi hitungan.

Dalam perancangan ini menggunakan metode pendekatan karakteristik polynomial dengan cara perhitungan numerik pada mikrokontroler berbasis kurva beban torsi fungsi waktu yang ditunjukkan oleh tabel 3, kurva kecepatan sudut fungsi waktu yang ditunjukkan oleh tabel 2 dan beban mekanik yang didapatkan dengan cara eddy current brake

Tabel 6. data nilai pendekatan karakteristik polynomial pada sistem yang dirancang

Arus	Po = (I-2) ²
0,5	2,25
0,6	1.96
0,75	1.56
0,8	1.44
0,83	1.36

pada tabel 6 dalam pengumpulan datanya menggunakan karakteristik polynomial, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 9.



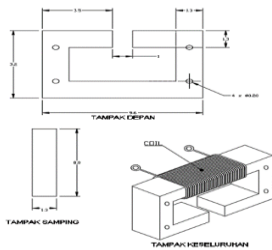
Gambar 9. Respon grafik pendekatan karakteristik *polynomial* rancangan sistem

Dari gambar grafik 9 mendapatkan nilai daya mekanik motor maksimum sebesar 2,25 watt, nilai ini terjadi Ketika nilai arus yang dihitung pada saat 0,5A dan nilai daya tersebut menjadi nilai maksimum yang dihasilkan dalam perhitungan melalu karakteristik polynomial.

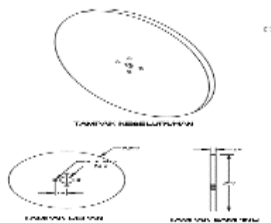
4. DOKUMEN GAMBAR DAN BILL OF QUANTITY

4.1 Dokumen Gambar

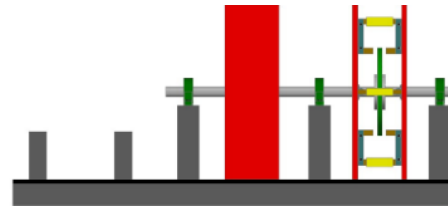
Ditunjukkan pada gambar 10,11, dan 12. Sebagai berikut



Gambar 10. Solenoid



Gambar 11. Disk



Gambar 12. Sistem *dummy load*

4.2 Bill Of Quantity

Tabel 7. *Bill of quantity*

Nama Barang	Spesifikasi	Jumlah	Harga total
Medium Density Fiberboard (MDF)	8mm;40x40c	4	Rp 200.000
Kern Trafo	Ukuran 22;3A; Ukuran kawat	1	Rp 27.000
Aluminium alloy Blok	6061;75 mm	1	Rp 500.00
Aluminium alloy Blok	6061; 13 mm	1	Rp 600.000
Modul Perancangan Elektrik	-	1	Rp 500.000
Besi Nako Pejal	25x50 mm	5	Rp 250.000
Besi Plate	100x40x1 cm	1	Rp 350.000
Baud	Ø 0,3mm Dan Ø0,4mm	35	Rp 35.000
Stell Pejal Bulat	304; Ø2,3cm	1	Rp 250.000
Copper Plate/ Piringan	10 mm	1	Rp 350.000
ASB pillow block	UCP 205; Ø 2,3cm	3	Rp 55.000
Kawat Tembaga	PEW class F 155°C Ø0,25mm	3	Rp 210.000
Total Biaya			Rp 3.327.000

5. KESIMPULAN

Dari proses perancangan polynomial dummy load untuk motor listrik berbasis arus eddy 1000 watt dapat disimpulkan :

1. Nilai kecepatan putaran pada motor semakin lama akan semakin turun kecepatannya jika terus menerus dibebani

2. Nilai torsi akan selalu naik
3. Semakin kecil arus pada pendekatan karakteristik alat menggunakan polynomial maka akan semakin optimum daya mekaniknya
4. Dari perancangan ini didapatkan sebuah dokumen gambar dan *bill of quantity*

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung, melalui wakil Direktur Akademik atas bantuan pendanaan penyusunan tugas akhir nomor B/402/PL1.R1/EP.00.08/2021 kelompok A1.

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] Bagia,I.Yoman., dan Parsa,I.Made.(2018). "MOTOR - MOTOR LISTRIK". (1) CV. Rasi Terbit.
- [3] Supiryo, dan Nazarudin Sinaga,mei 2011."Perancangan Dinamometer arus eddy kapasitas 250 KW".
- [4] Zhao,li., dazhi,wang.,di,zheng.,and lixin,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 DINAMOMETER EDDY CURRENT UNTUK PENGUJIAN MOTOR BAKAR 0,81 KW". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang,16(1).
- [7] 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.
- [8] Wardani, Nuridan Budayasa, IKetut .2009. "POLINOMIAL KARAKTERISTIK BEBERAPA KELAS GRAF BERARAH".Jurusan Mataematika dan Ilmu pengetahuan Alam,Universitas negeri Surabaya;60931
- [9] Sani, Amas., Setiawan, Herry.Ir.MT., & Nugroho,Aji Brahma,S.Si,M.T.(2017)."STUDI SISTEM Pengereman Roda Menggunakan Medan Magnet ".Teknik Elektro,Fakultas Teknik,Universitas Muhamadiyah Jember.
- [10] Syah,Fahma Imiah,Karwono, dan Senthot Dhimas W.R. .Juli 2018." PERANCANGAN DAN PEMBUATAN DINAMOMETER EDDY CURRENT UNTUK PENGUJIAN MOTOR BAKAR 0,81 KW". Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang,16(1).