

Studi Karakteristik Motor DC Penguat Luar Terhadap Posisi Sikat

Stephanus Antonius Ananda, Edhi Tanaka Soewangsa

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Elektro - Universitas Kristen Petra
e-mail : ananda@petra.ac.id

Abstrak

Masalah yang sering timbul dalam motor dc adalah peletakan dari posisi sikat. Adanya reaksi medan magnet pada jangkar membuat posisi sikat pada komutator motor dc berubah. Ada motor dc yang posisi sikatnya dapat diatur sesuai kondisi yang diinginkan. Pada makalah ini akan diteliti hubungan antara posisi sikat dengan karakteristik putaran, torsi dan mekanis dari motor dc jenis penguat luar. Dari hasil pengujian baik pada beban nol dan berbeban sudut sikat sebesar 24° disebelah kiri dari posisi tengah memiliki karakteristik paling baik dibandingkan dengan posisi yang lain. Efisiensi motor tertinggi sebesar 73,64%

Kata kunci : Motor DC Penguat Luar.

Abstract

One of the dc motor problem is how to positioning the brush of the commutator. Armature reaction on dc motor makes the position of the brush to be changed from its normal position. Commonly in many dc motor, the brush is set permanently from factory. This paper, it will use special dc motor that has a brush changer and discuss the relation between the brush position and motor characteristic i.e. motor speed, torque and mechanical characteristics. From the experiment result, it can be concluded that the best characteristic is found when the brush is positioned on 24° in the left side of the central position. The best motor efficiency is 73,64 %.

Keywords : Separately Excited DC Motor.

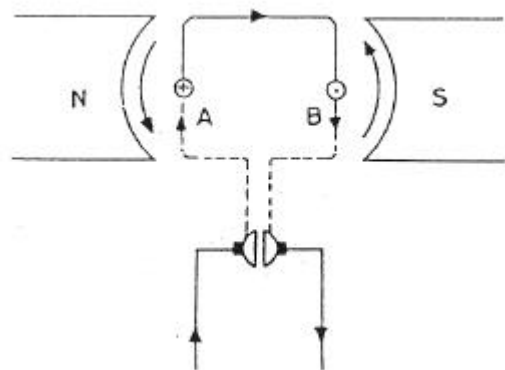
Pendahuluan

Motor listrik merupakan bagian terbesar dalam kehidupan manusia di abad modern ini. Pemakaian motor listrik telah meliputi segala bidang mulai dari peralatan rumah tangga, peralatan industri, robot, pesawat ruang angkasa, komputer, sarana transportasi bahkan peralatan audio video pun memerlukan motor listrik untuk beroperasi. Dewasa ini dengan semakin berkembangnya teknologi tentang motor diharapkan dapat diperoleh motor yang memiliki karakteristik yang baik serta efisiensi yang tinggi. Hal itu dapat dicapai dengan melakukan pengaturan-pengaturan pada bagian-bagian motor sehingga didapatkan unjuk kerja yang terbaik.

Pada motor dc, pengaturan letak sikat dalam mengantisipasi reaksi jangkar ternyata berpengaruh pada unjuk kerja serta efisiensi dari motor tersebut. Maka dengan mengatur letak sikat-sikat pada komutator akan dapat meningkatkan performansi dari motor dc tersebut sehingga motor dc dapat bekerja lebih baik.

Prinsip Kerja Motor DC

Prinsip kerja motor dc didasarkan pada prinsip bahwa jika sebuah konduktor yang dialiri arus listrik diletakkan dalam medan magnet, maka tercipta gaya pada konduktor tersebut yang cenderung membuat konduktor berotasi (lihat gambar 1).



Gambar 1. Gaya Medan Magnet Pada Konduktor Yang Dialiri Arus Listrik [2]

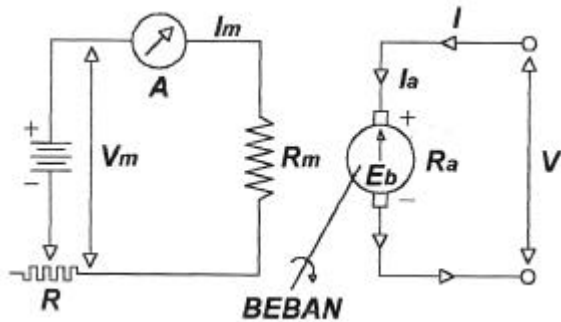
Dalam gambar terlihat sebuah kumparan yang dialiri arus listrik diletakkan dalam medan magnet tetap. Akibatnya tercipta gaya pada kumparan baik pada sisi A maupun pada sisi B. Dengan aturan tangan kiri Fleming dapat ditentukan bahwa kumparan berputar berlawanan

Catatan: Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Juni 2003. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Elektro volume 3, nomor 2, September 2003.

arah jarum jam. Gaya ini akan berlangsung terus sampai konduktor meninggalkan medan magnet. Karena itu untuk mendapatkan putaran yang terus menerus maka digunakan banyak konduktor, sehingga jika sebuah konduktor meninggalkan medan magnet pada saat itu juga terdapat konduktor lain yang memasuki medan magnet. Setelah kumparan berputar 180 derajat, maka arah arus listrik pada sisi A dan B akan berubah arah. Untuk itu digunakan sebuah komutator yang berfungsi untuk membalik arah arus dalam kumparan.

Motor DC Penguat Terpisah

Motor jenis ini mempunyai kumparan medan yang disuplai oleh sumber lain yang bebas dan tidak bergantung pada beban atau tegangan drop didalam jangkar, kecepatan praktis tetap pada seluruh range beban. Pada jangkar motor timbul EMF lawan sebesar E_b yang melawan tegangan masuk V . Pemakaian misalnya untuk mixer dan motor traksi. Rangkaian Ekivalen dari motor jenis ini dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Ekivalen Motor DC Penguat Luar [1]

Dari gambar tersebut maka persamaan yang menyatakan hubungan besaran, tegangan arus, daya dan resistans dapat ditulis sebagai berikut [1]:

$$E_b = \frac{P\Phi N}{60} \times \frac{Z}{a} = C\Phi N \tag{1}$$

$$V = E_b + I_a R_a + \text{Rugi Sikat} \tag{2}$$

$$I_m = (V_m) / (R + R_m) \tag{3}$$

$$I = \text{Daya Input} / V \tag{4}$$

$$P_{out} = T 2 \pi N \tag{5}$$

$$P_{in} = V I \tag{6}$$

$$\text{Efisiensi } (\eta) = (P_{out} / P_{in}) \times 100\% \tag{7}$$

$$N = \frac{E_b}{C\Phi} \tag{8}$$

dimana :

- P = Jumlah Kutub
 - Φ = Fluks Magnet (Weber)
 - N = Putaran Motor (rpm)
 - Z = Jumlah Lilitan Konduktor
 - a = P (untuk Lap Winding) atau a = 2 (untuk Wave Winding)
 - V = Tegangan terminal (V)
 - E_b = EMF lawan (tegangan balik) (V)
 - I = Arus jala-jala (A)
 - I_a = Arus jangkar (A)
 - I_m = Arus Medan (A)
 - V_m = Tegangan Medan (V)
 - R_m = Tahanan Medan (Ω)
 - R_a = Tahanan Jangkar (Ω)
 - R = Tahanan Pemutus Arus Medan (Ω)
 - T = Torsi (Kg-m) atau (N-m)
 - P_{out} = Daya output (watt)
 - P_{in} = Daya input (watt)
- Besar Φ medan akan sebanding dengan arus medan yang melalui kumparan medan.

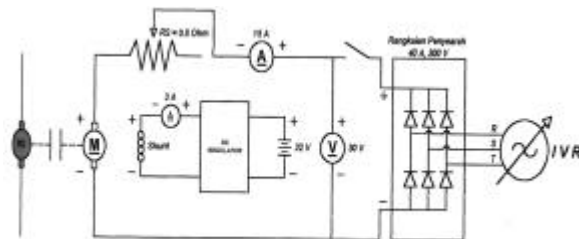
Pengumpulan Data

Untuk menganalisa hubungan antara posisi sikat dan karakteristik motor maka ditentukan beberapa titik percobaan. Untuk memudahkan analisa dalam paper ini diambil 5 titik percobaan yaitu titik diposisi tengah atau 0° diikuti dengan 2 titik disebelah kiri (-12° dan -24° dari posisi tengah) dan 2 titik disebelah kanan ($+12^\circ$ dan $+24^\circ$ dari posisi tengah) seperti tampak pada gambar 4.

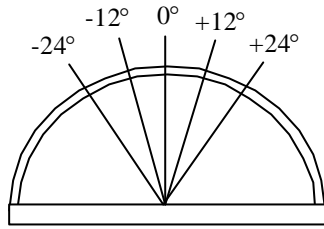
Data diambil dari Motor DC penguat luar dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Daya = 0,2 KW
- $V_m = 24 \text{ Vdc}$
- $V = 24 \text{ V}$
- $I_m = 1,3 \text{ A}$
- $I = 8 \text{ A}$
- $N = 2700 \text{ rpm}$
- $R_m = 16 \Omega$

Sumber listrik diambil dari IVR (induction voltage regulator) yang disearahkan. Arus medan diambil dari DC Regulator. Dengan rangkaian pengujian seperti tampak pada gambar 3. Dan posisi sikat diukur dengan busur derajat pada 5 posisi seperti tampak pada gambar 4.



Gambar 3. Rangkaian Percobaan Motor DC Jenis Penguat Luar



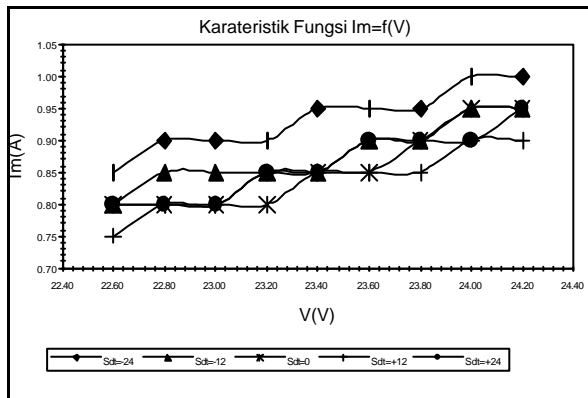
Gambar 4. Posisi Sikat

A. Karakteristik Tanpa Beban

1. Karakteristik Arus Medan Bebas Nol Terhadap Tegangan [$I_m=f(V)$]
 Pada putaran (n) konstan 2700 rpm.

Tabel 1. Karakteristik Arus Medan Bebas Nol Terhadap Tegangan

No.	a=-24°		a=-12°		a=0°		a=+12°		a=+24°	
	V	I_m	V	I_m	V	I_m	V	I_m	V	I_m
1	24,20	1,00	24,20	0,95	24,20	0,95	24,20	0,90	24,20	0,95
2	24,00	1,00	24,00	0,95	24,00	0,95	24,00	0,90	24,00	0,90
3	23,80	0,95	23,80	0,90	23,80	0,90	23,80	0,85	23,80	0,90
4	23,60	0,95	23,60	0,90	23,60	0,85	23,60	0,85	23,60	0,90
5	23,40	0,95	23,40	0,85	23,40	0,85	23,40	0,85	23,40	0,85
6	23,20	0,90	23,20	0,85	23,20	0,80	23,20	0,85	23,20	0,85
7	23,00	0,90	23,00	0,85	23,00	0,80	23,00	0,80	23,00	0,80
8	22,80	0,90	22,80	0,85	22,80	0,80	22,80	0,80	22,80	0,80
9	22,60	0,85	22,60	0,80	22,60	0,80	22,60	0,75	22,60	0,80

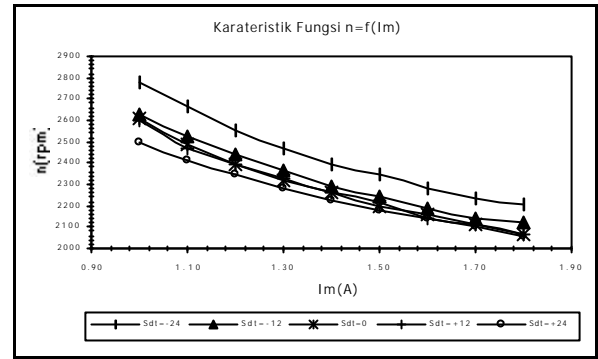


Gambar 5. Karakteristik Tegangan Terhadap Arus Medan Bebas Nol

2. Karakteristik Putaran Terhadap Arus Medan Bebas Nol [$n=f(I_m)$]
 Pada tegangan (V) konstan 24.10 Volt.

Tabel 2. Karakteristik Putaran Terhadap Arus Medan Bebas Nol

No.	a=-24°		a=-12°		a=0°		a=+12°		a=+24°	
	I_m (A)	n (rpm)	I_m (A)	n (rpm)	I_m (A)	n (rpm)	I_m (A)	n (rpm)	I_m (A)	n (rpm)
1	1,80	2204	1,80	2120	1,80	2065	1,80	2064	1,80	2060
2	1,70	2232	1,70	2137	1,70	2112	1,70	2112	1,70	2099
3	1,60	2280	1,60	2188	1,60	2156	1,60	2144	1,60	2139
4	1,50	2344	1,50	2242	1,50	2201	1,50	2218	1,50	2182
5	1,40	2395	1,40	2295	1,40	2259	1,40	2260	1,40	2225
6	1,30	2473	1,30	2368	1,30	2322	1,30	2325	1,30	2281
7	1,20	2555	1,20	2442	1,20	2390	1,20	2396	1,20	2344
8	1,10	2670	1,10	2523	1,10	2490	1,10	2469	1,10	2408
9	1,00	2779	1,00	2628	1,00	2605	1,00	2596	1,00	2493



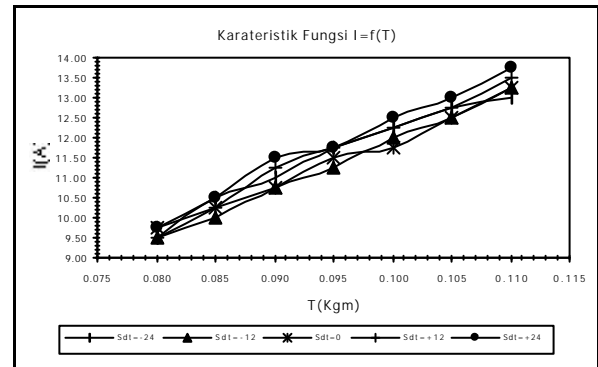
Gambar 6. Karakteristik Putaran Terhadap Arus Medan Bebas Nol

B. Karakteristik Berbeban

1. Karakteristik Torsi Berbeban [$I=f(T)$]
 Pada Tegangan (V) = 23,00 V & arus medan (I_m) = 1,85 A konstan.

Tabel 3. Karakteristik Torsi Berbeban

No	a=-24°		a=-12°		a=0°		a=+12°		a=+24°	
	T (Kg-m)	I (A)	T (Kg-m)	I (A)	T (Kg-m)	I (A)	T (Kg-m)	I (A)	T (Kg-m)	I (A)
1	0,080	9,50	0,080	9,50	0,080	9,75	0,080	9,50	0,080	9,75
2	0,085	10,50	0,085	10,00	0,085	10,25	0,085	10,25	0,085	10,50
3	0,090	11,00	0,090	10,75	0,090	10,75	0,090	11,25	0,090	11,50
4	0,095	11,75	0,095	11,25	0,095	11,50	0,095	11,75	0,095	11,75
5	0,100	12,25	0,100	12,00	0,100	11,75	0,100	12,25	0,100	12,50
6	0,105	12,75	0,105	12,50	0,105	12,50	0,105	12,75	0,105	13,00
7	0,110	13,00	0,110	13,25	0,110	13,25	0,110	13,50	0,110	13,75

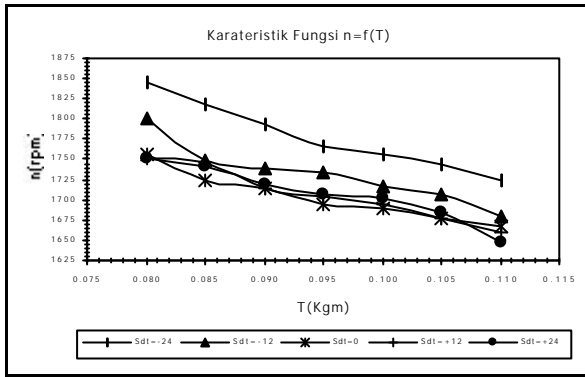


Gambar 7. Karakteristik Torsi Berbeban

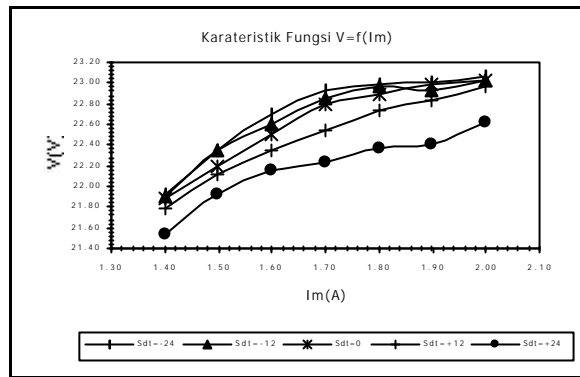
2. Karakteristik Mekanik Berbeban [$n=f(T)$]
 Pada Tegangan (V) = 23,00 V arus medan (I_m) = 1,85 A konstan.

Tabel 4. Karakteristik Mekanik Berbeban

No	a=-24°		a=-12°		a=0°		a=+12°		a=+24°	
	T (Kg-m)	n (rpm)	T (Kg-m)	n (rpm)	T (Kg-m)	n (rpm)	T (Kg-m)	n (rpm)	T (Kg-m)	n (rpm)
1	0,080	1845	0,080	1800	0,080	1755	0,080	1752	0,080	1751
2	0,085	1818	0,085	1749	0,085	1723	0,085	1746	0,085	1741
3	0,090	1793	0,090	1739	0,090	1715	0,090	1713	0,090	1719
4	0,095	1767	0,095	1733	0,095	1694	0,095	1703	0,095	1706
5	0,100	1755	0,100	1716	0,100	1689	0,100	1694	0,100	1702
6	0,105	1744	0,105	1706	0,105	1676	0,105	1676	0,105	1685
7	0,110	1724	0,110	1680	0,110	1666	0,110	1660	0,110	1647



Gambar 8. Karakteristik Mekanik Berbeban

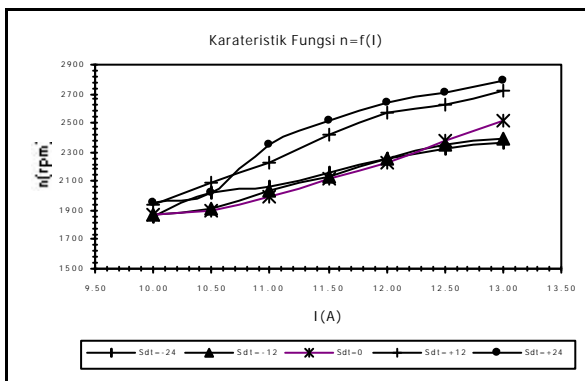


Gambar 10. Karakteristik Tegangan Terhadap Arus Medan Torsi Konstan

3. Karakteristik Putaran Berbeban [$n=f(I)$] Pada Tegangan (V) = 23,00 V konstan.

Tabel 5. Karakteristik Torsi Berbeban

No.	$\alpha = -24^\circ$		$\alpha = -12^\circ$		$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = +12^\circ$		$\alpha = +24^\circ$	
	I (A)	n (rpm)	I (A)	n (rpm)	I (A)	n (rpm)	I (A)	n (rpm)	I (A)	n (rpm)
1	10,00	1862	10,00	1868	10,00	1869	10,00	1935	10,00	1948
2	10,50	2021	10,50	1911	10,50	1895	10,50	2085	10,50	2028
3	11,00	2065	11,00	2031	11,00	1997	11,00	2223	11,00	2357
4	11,50	2157	11,50	2132	11,50	2122	11,50	2419	11,50	2517
5	12,00	2249	12,00	2259	12,00	2233	12,00	2574	12,00	2641
6	12,50	2325	12,50	2346	12,50	2384	12,50	2630	12,50	2712
7	13,00	2363	13,00	2386	13,00	2513	13,00	2717	13,00	2791



Gambar 9. Karakteristik Torsi Berbeban

4. Karakteristik Tegangan Terhadap Arus Medan Torsi Konstan [$V=f(I_m)$] Pada Torsi (T) = 0,1Kg-m konstan.

Tabel 6. Karakteristik Putaran Terhadap Arus Medan Torsi Konstan

No.	$\alpha = -24^\circ$		$\alpha = -12^\circ$		$\alpha = 0^\circ$		$\alpha = +12^\circ$		$\alpha = +24^\circ$	
	I_m (A)	V_a (V)	I_m (A)	V_a (V)	I_m (A)	V_a (V)	I_m (A)	V_a (V)	I_m (A)	V_a (V)
1	2,00	23,07	2,00	23,03	2,00	23,02	2,00	22,97	2,00	22,61
2	1,90	23,01	1,90	22,93	1,90	22,99	1,90	22,84	1,90	22,40
3	1,80	22,99	1,80	22,96	1,80	22,90	1,80	22,73	1,80	22,36
4	1,70	22,93	1,70	22,85	1,70	22,79	1,70	22,55	1,70	22,24
5	1,60	22,69	1,60	22,60	1,60	22,51	1,60	22,34	1,60	22,16
6	1,50	22,34	1,50	22,34	1,50	22,19	1,50	22,11	1,50	21,93
7	1,40	21,92	1,40	21,90	1,40	21,89	1,40	21,79	1,40	21,54

5. Efisiensi Motor

Pada $P_{out} = 164,28$ Watt, putaran (n) = 2000 Rpm dan Torsi (T) = 0,080 Kg-m konstan.

Tabel 7. Efisiensi Motor

Posisi Sikat	Pin (Watt)	Efisiensi (%)
$\alpha = -24^\circ$	247,10	66,49
$\alpha = -12^\circ$	240,10	68,42
$\alpha = 0^\circ$	237,00	69,32
$\alpha = +12^\circ$	232,20	70,75
$\alpha = +24^\circ$	223,10	73,64

Analisa Data

1. Karakteristik Tanpa Beban

Pada kondisi tanpa beban, untuk mendapatkan rugi-rugi motor yang paling rendah seharusnya akan tercapai bila posisi sikat pada motor adalah ditengah atau pada titik 0° . Dari hasil percobaan didapatkan hasil bahwa posisi yang terbaik bukanlah diposisi 0° , ini terbukti pada kurva $I_m=f(V)$ pada gambar 5. Arus medan terkecil terjadi pada posisi sikat $+12^\circ$. Sedangkan dari kurva $n=f(I_m)$ pada gambar 6, putaran tertinggi dicapai pada posisi sikat -24° . Hal ini mungkin terjadi karena adanya rugi-rugi yang menghambat putaran motor seperti rugi gesek bearing, rugi angin, dan lain-lain yang membuat arus medan jangkar naik dan mengganggu serta menggeser letak dari fluks medan utama. Posisi sikat harus diatur sehingga didapatkan posisi sikat baru yang tegak lurus terhadap medan utama yang baru.

Dari 2 karakteristik motor tanpa beban (pada gambar 5 dan 6) dapat kita lihat bahwa arus medan akan naik seiring dengan kenaikan

tegangan, dimana kenaikan arus medan yang terjadi akan menyebabkan kecepatan motor turun sesuai dengan rumus 8 diatas dengan asumsi besar Φ akan naik seiring dengan kenaikan arus medan.

2. Karakteristik Berbeban

Pada waktu motor dibebani, arus jangkar akan meningkat seiring dengan kenaikan beban. Kenaikan arus jangkar akan menyebabkan gangguan medan jangkar pada medan utama ikut membesar pula, sehingga titik netral medan utama makin bergeser. Bergesernya medan utama akan menaikkan rugi-rugi pada sikat jika posisi sikat tidak ikut disesuaikan. Dari hasil percobaan didapatkan hasil bahwa posisi sikat terbaik adalah di -24° . Hal ini dapat dilihat pada tiga karakteristik utama motor yaitu: Karakteristik Torsi pada gambar 7, karakteristik Mekanik pada gambar 8 dan pada karakteristik putaran pada gambar 9. Pada karakteristik Torsi [$I=f(T)$] gambar 7 tampak bahwa arus jangkar naik seiring dengan kenaikan torsi secara linier sesuai dengan rumus 5 dan arus jangkar terendah dicapai pada posisi sikat -24° . Pada karakteristik Mekanik [$n=f(T)$] gambar 8 terlihat putaran turun secara linier seiring naiknya torsi motor sesuai dengan rumus 5 dan putaran tertinggi didapatkan pada posisi sikat -24° . Sedangkan pada karakteristik Putaran [$n=f(I)$] gambar 9 kurva putaran meningkat secara linier seiring naiknya arus medan sesuai dengan rumus 8 dengan asumsi Φ akan naik seiring naiknya arus medan dan posisi putaran tertinggi dicapai pada posisi sikat -24° .

3. Karakteristik Tegangan Terhadap Arus Medan

Tegangan motor naik secara eksponensial bersamaan dengan kenaikan arus medan terlihat pada karakteristik tegangan terhadap arus medan, baik pada kondisi tanpa beban seperti tampak pada grafik $I_m=f(V)$ di gambar 5 maupun pada kondisi berbeban seperti terlihat pada grafik di gambar 10. Rugi-rugi terkecil didapatkan pada posisi sikat yang saling berlawanan pada kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban. Hal ini terlihat pada kondisi tanpa beban, rugi-rugi terkecil ditunjukkan pada kurva yang menyerap arus medan terkecil yang terjadi pada sudut $+12^\circ$ sedangkan pada waktu berbeban rugi-rugi terkecil ditunjukkan pada kurva tegangan yang tertinggi yang terjadi pada sudut -24° . Ini

memperlihatkan bahwa pada kondisi tanpa beban dan berbeban posisi garis netral sikat bergeser. Jadi untuk mendapatkan rugi-rugi terkecil, posisi sikat harus diubah sesuai dengan perubahan beban.

4. Efisiensi

Efisiensi pada kondisi beban tetap terlihat meningkat seiring dengan bergesernya posisi sikat ke arah kanan. Efisiensi terendah pada tabel 7 adalah 66,49% dan tertinggi adalah 73,64%. Angka ini masih tergolong sangat rendah untuk efisien suatu motor.

Kesimpulan

- Untuk karakteristik beban nol atau tanpa beban didapatkan rugi-rugi terendah bukan pada posisi 0° , hal ini karena adanya rugi-rugi yang menghambat putaran motor.
- Dari kurva $I=f(V)$ tanpa beban didapat posisi sikat untuk arus medan terendah di $+12^\circ$ dan pada kurva $n=f(I_m)$ tanpa beban didapat posisi sikat untuk putaran tertinggi di -24° .
- Dari kurva berbeban seperti pada kurva Torsi, Mekanik dan Putaran didapatkan kondisi rugi-rugi terendah adalah pada posisi sikat -24° .
- Untuk kurva tegangan terhadap arus medan antara kondisi berbeban dan tanpa beban berbeda, bahkan berseberangan, ini menunjukkan untuk mendapatkan rugi-rugi terendah posisi sikat harus diubah sesuai beban motor.
- Efisiensi meningkat seiring dengan berpindahnya posisi sikat ke arah kanan $+24^\circ$. Dan Efisiensi tertinggi didapat 73,64%.

Daftar Pustaka

- [1] Berahim, Hamzah., Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi Offset, 1991
- [2] Dhogal, P.S., Basic Electrical Engineering Volume I, McGraw-Hill, 1985
- [3] Lister, Eugene C., Mesin dan Rangkaian Listrik Edisi Keenam, Jakarta: Erlangga, 1984
- [4] Nasar, S.A., Electromechanics and Electric Machines Second Edition. John Wiley & Sons, 1983
- [5] Richardson, Donald V., Rotating Electric Machinery and Transformer Technology, Prentice-Hall, 1987

- [6] Siskind, Charle S., Electrical Machines Second Edition, McGraw-Hill, 1966
- [7] Sumanto, Mesin Arus Searah, Yogyakarta: Andi Offset, 1984
- [8] Tumbelaka, Hanny, Praktikum Tenaga Listrik, UK. Petra