

ANALISIS EFISIENSI MOTOR DC SERI AKIBAT PERGESERAN SIKAT

Edi Saputra, Syamsul Amien

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: edsa.achmad@yahoo.co.id

ABSTRAK

Kinerja suatu motor dikatakan baik jika memiliki karakteristik dan efisiensi yang tinggi. Karakteristik dan efisiensi yang tinggi dapat dicapai dengan mengatur bagian-bagian tertentu dari motor. Pengaturan pergeseran letak sikat dalam mengantisipasi reaksi jangkar ternyata berpengaruh pada kinerja motor serta efisiensi dari motor tersebut. Dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian dengan 7 komposisi posisi sikat yaitu diposisi tengah 0° diikuti 3 posisi disebelah kanan ($+10^\circ$, $+20^\circ$, dan $+30^\circ$ dari posisi tengah) dan 3 posisi disebelah kiri (-10° , -20° , dan -30° dari posisi tengah). Dari hasil pengujian posisi sikat yang berada disebelah kiri dari posisi tengah yaitu -30° memiliki efisiensi motor tertinggi sebesar 61%.

Kata Kunci: motor dc, sikat, efisiensi

1. Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari motor arus searah sering digunakan pada motor starter mobil, pada tape rekorder, pada mainan anak-anak dan sebagainya. Sedangkan pada pabrik-pabrik motor arus searah digunakan pada traksi, elevator, conveyer, dan sebagainya. Karena penggunaannya yang cukup luas maka kinerja motor arus searah harus baik.

Pada motor arus searah, pengaturan posisi sikat dalam mengantisipasi reaksi jangkar ternyata mempengaruhi efisiensinya. Maka dengan mengatur letak sikat-sikat pada komutator akan dapat meningkatkan performansinya, sehingga dapat kerja lebih baik.

Penelitian ini difokuskan pada kedudukan dan letak sikat berdasarkan derajat listrik akibat pergeseran sikat dengan kondisi tanpa beban dan berbeban dengan melakukan pengeseran untuk menentukan efisiensi motor.

Analisis perhitungan yang dilakukan pada pengujian motor seri dalam keadaan berbeban berdasarkan peralatan yang tersedia di Laboratorium Konversi Energi Listrik.

2. Efisiensi Motor Arus Searah Seri

Motor arus searah (motor DC) ialah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik

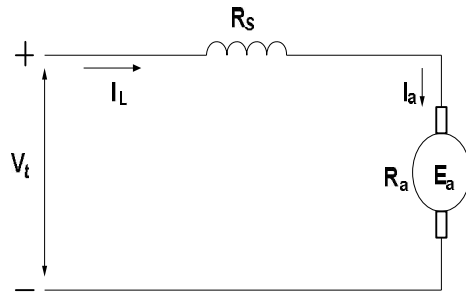
arus searah (listrik DC) menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik, dimana tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor [1].

Motor arus searah bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetic. Dimana kumparan medan akan menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan dan kumparan jangkar akan fluksi magnet yang melingkar. Interaksi antara kedua fluksi magnet ini menimbulkan momen punter atau torsi [2].

Motor DC seri merupakan suatu motor dengan kecepatan berubah-ubah yang ditandai dengan suatu karakteristik kecepatan beban yang melengkung kebawah. Karakteristik tersebut sungguh menguntungkan karena beban lewat daya yang bersangkutan dijaga pada nilai yang sesuai oleh penurunan kecepatan[3].

Pada motor seri, penambahan beban akan disertai dengan penambahan arus armature dan fluks medan stator. Karena fluks bertambah besar maka kecepatannya harus berkurang untuk menjaga kesetimbangan antara tegangan yang diberikan [2].

Berikut rangkaian ekuivalen motor arus searah penguatan seri [3] :



Gambar 1 Motor arus searah penguatan seri

Persamaan umum motor arus searah penguatan seri:

$$V_t = E_a + I_a(R_a + R_s) \tag{1}$$

$$I_a = \left[\frac{V_t - E_a}{R_a + R_s} \right] \tag{2}$$

$$I_a = I_L \tag{3}$$

Dimana:

V_t = tegangan terminal jangkar motor arus searah (volt)

I_a = arus jangkar (Ampere)

R_a = tahanan jangkar (ohm)

R_s = tahanan medan penguatan seri(ohm)

I_L = arus kumparan medan seri (Ampere)

Suatu mesin listrik (generator atau motor) akan berfungsi bila memiliki[4] :

- a. Kumparan medan, untuk menghasilkan medan magnet.
- b. Kumparan jangkar, untuk mengimbaskan gaya gerak listrik pada konduktor-konduktoryang terletak pada alur-alur jangkar.
- c. Celah udara, yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.

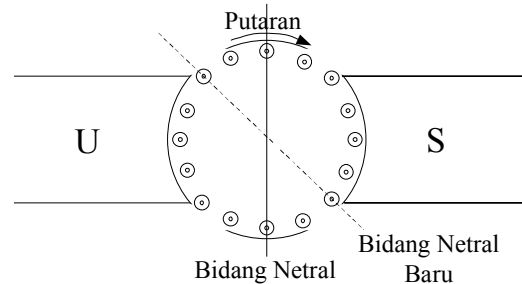
Berdasarkan fisiknya motor arus searah secara umum terdiri atas bagian yang diam (stator) merupakan tempat diletakkan kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan pada bagian yang berputar (rotor) ditempati oleh kumparan jangkar, komutasi dan sikat[5].

Untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, pada motor DC mengalami kerugian(kehilangan). Kerugian-kerugian ini disebabkan diantaranya oleh adanya pengaruh yang ditimbulkan oleh adanya[1] :

- a. reaksi jangkar
- b. inti besi,

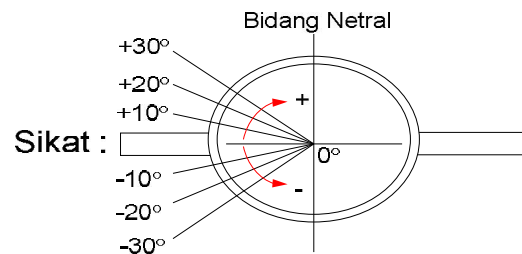
- c. gesekkan
- d. arus yang mengalir pada belitan.

Seperti halnya pada generator DC, garis netral pada motor DC juga akan bergeser bilamana motor dibebani. Dengan adanya reaksi jangkar tersebut, agar pada saat komutasi tidak timbul bunga api, sikat-sikat harus digeser pada garis netral yang baru seperti pada gambar 2 dibawah ini [1].



Gambar 2 Pergeseran Sikat pada Bidang Netral baru

Untuk penelitian posisi sikat ini dilakukan dilaboratorium. Untuk memudahkan dalam analisa penelitian ini diambil 7 komposisi posisi sikat yaitu diposisi tengah 0° diikuti 3 posisi disebelah kanan (+10°, +20°, dan +30° dari posisi tengah) dan 3 posisi disebelah kiri (-10°, -20°, dan -30° dari posisi tengah) [6].



Gambar 3 Posisi sikat motor arus searah

Sebagai tenaga listrik motor arus searah hilang atau berubah menjadi panas. Dalam hal ini terkadang timbulnya panas yang tidak dikehendaki karena akan timbul panas yang berlebihan. Hal tersebut terjadi pada setiap mesin arus searah dan mesin arus bolah balik. Kerugian-kerugian itu antara lain disebabkan oleh reaksi jangkar, arus liar, gesekkan, arus yang mengalir pada belitan, rheostat dan sebagainya. Motor DC dan generator DC mempunyai tipe kerugian-kerugian yang sama yaitu sebagai berikut :

Tabel 1 Tipe dan jenis rugi [1]

Tipe – tipe Kerugian	Keterangan
a. Kerugian pada belitan shunt	Kerugian I^2R pada belitan penguat shunt
b. Kerugian pada rheostat	Kerugian I^2R pada tahanan geser (R_{st} , R pengatur)
c. Kerugian pada penguat	
d. Kerugian oleh gesekan dan oleh angin	
e. Kerugian karena gesekan sikat-sikat	Kerugian mekanis akibat gesekan sikat-sikat
f. Kerugian pada ventilasi	Kerugian pada kipas pendingin
g. Kerugian inti	
h. Kerugian pada lilitan jangkar	Kerugian I^2R pada lilitan jangkar
i. Kerugian pada lilitan seri	Kerugian I^2R pada lilitan penguat seri
j. Kerugian pada kontak sikat	Kerugian listrik pada sikat-sikat dan kontak-kontak
k. Kerugian stray load	Kerugian-kerugian akibat arus liar pada tembaga, kerugian inti, reaksi jangkar, kerugian short circuit pada saat komutasi.

Untuk jelasnya pada Tabel 2 menunjukkan jenis-jenis kerugian pada mesin DC dan bagaimana cara menentukan besarnya kerugian-kerugian tersebut.

Tabel 2 Rugi-rugi pada mesin DC [1]

Kerugian- kerugian	Cara menentukan
Perputara (<i>Stray Power</i>) Gesekan : Bantalan Sikat Kipas pendingin (windage) Inti jangkar : Histerisis Arus liar	Biasanya ditentukan melalui tes
Tembaga Lilitan jangkar Lilitan kutub bantu Lilitan seri	$I_a^2 R_a$ $I_a^2 R_b$ $I_a^2 R_{se}$ $I_a^2 R_c$

Lilitan kompensasi Kontak sikat Lilitan shunt	$(1 s/d 6) \times I_a$ $U I_{sh}$
Stray Load Losses	1 percent dari output untuk mesin yang lebih besar dari 150 KW (200 HP)

Efisiensi adalah perbandingan antara daya output dengan daya input. Seperti halnya dengan mesin lainnya, pada mesin listrik arus searah (DC), dinyatakan sebagai berikut[1] :

$$\eta(\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Atau pada motor :

$$\eta(\%) = \frac{HP \text{ output} \times 746}{\text{watt input}} \times 100\%$$

$$\eta(\%) = \frac{HP \text{ output} \times 746}{(HP \text{ input} \times 746) + \text{watt rugi}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana: Pin = daya masukan

Pout = daya keluaran

Σ Prugi = rugi-rugi daya total

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jam 14.00 samapi dengan 17.30 wib dari tanggal 18 sampai tanggal 19 Januari 2013 di Laboratorium Konversi Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU).

Objek penelitian ini adalah melakukan pengukuran terhadap motor DC seri akibat pergeseran sikat dengan variable motor DC seri dan sikat pada motor.

Penelitian ini dilakukan dengan memindahkan sikat seirama dengan perpindahan bidang netral untuk menghindari percikan bunga api yang timbul. Namun dalam penerapannya hal ini cukup sulit karena jarak perpindahan bidang netralnya sangat ditentukan oleh besarnya beban yang dipikul, maka jarak perpindahan bidang netralnya pun berpindah, sehingga sikat harus juga diubah setiap saat, seirama dengan perubahan jarak perpindahan bidang netral. Selain itu pergeseran sikat akan memperburuk melemahnya fluks akibat reaksi jangkar mesin, selain dengan metode ini mesin arus searah tidak dimungkinkan untuk bekerja

sebagai generator (akan menimbulkan percikan api yang lebih besar), dan sangat tidak ekonomis terutama untuk mesin-mesin berukuran kecil.

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini maka akan dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pengumpulan data yang akan menentukan keberhasilan dalam penelitian yaitu dengan metode dokumentasi dan metode observasi.
- Mempersiapkan alat dan bahan untuk penelitian, semua alat dan bahan yang akan digunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu.
- Mengkondisikan objek penelitian ini dengan memastikan bahwa motor DC seri dapat beroperasi dan mengatur beberapa pergeseran sikat beserta beban.
- Mengkondisikan alat ukur agar memiliki validitas yang baik yang harus disetting dengan benar.
- Tahap pengambilan data yang meliputi arus dan putaran terhadap arus medan.
- Tahap analisa data yang digunakan adalah analisis matematis untuk memecahkan masalah dan kesimpulan dalam penelitian. Analisa ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan persamaan-persamaan yang berlaku didalam perhitungan efisiensi motor DC seri. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

- Perhitungan rugi-rugi pada motor

$$P_{\text{rugi}} = I_a^2 (R_a + R_s)$$

- $P_{\text{out}} = 2\pi nT$

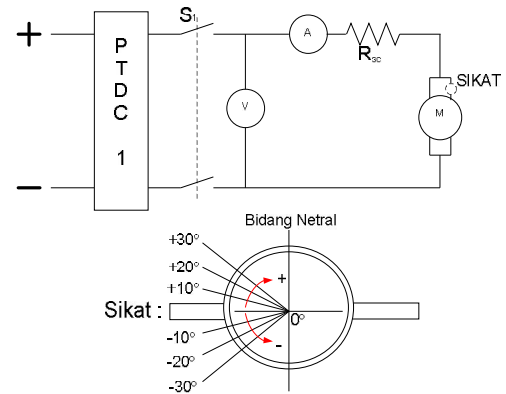
- Efisiensi (η) = $\frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + P_{\text{rugi-rugi}}} \times 100\%$$

Adapun peralatan yang digunakan dalam melakukan pengukuran terhadap motor motor DC adalah sebagai berikut :

- Satu unit generator DC
- Satu unit motor DC
- Kabel penghubung secukupnya
- Sumber tegangan DC
- Ammeter
- Voltmeter

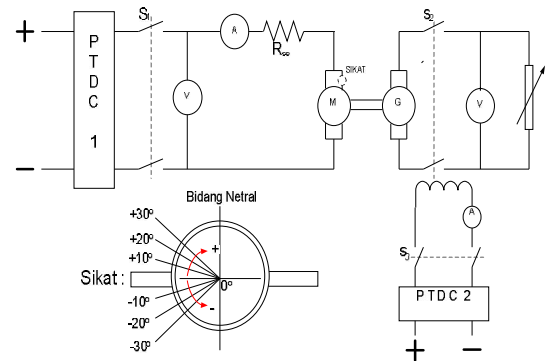
Adapun gambar rangkaian pengujian motor DC seri akibat pergeseran sikat dalam keadaan tanpa beban dapat ditunjukkan oleh gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3 Rangkaian pengujian tanpa beban

Untuk memudahkan analisis didalam penelitian ini diambil 7 titik pengujian yaitu diposisi tengah yaitu 0° dikuti 3 titik disebelah kiri (-30° , -20° , dan -10° dari posisi tengah) dan 3 titik disebelah kanan ($+10^\circ$, $+20^\circ$, dan $+30^\circ$ dari posisi tengah) seperti yang terlihat digambar rangkaian pengujian yaitu pada gambar 3 dan gambar 4.

Adapun gambar rangkaian pengujian motor DC seri akibat pergeseran sikat dalam keadaan berbeban dapat ditunjukkan oleh gambar 4 sebagai berikut:



Gambar 4 Rangkaian percobaan motor DC berbeban

4. Hasil dan Analisis

Mesin listrik berfungsi sebagai motor listrik apabila didalamnya terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Sedangkan untuk motor dc itu sendiri memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan sebagai penggerak peralatan listrik seperti pada pompa. Karena penggunaannya

yang cukup luas maka kinerjanya harus baik. Kinerja suatu motor DC dikatakan baik jika efisiensi motor tersebut tinggi.

4.1 Hasil Pengujian Motor DC seri tanpa beban

Pada pengujian tanpa beban, peneliti hanya meneliti motor DC dalam keadaan tanpa beban. Pada pengujian ini didapat arus jangkar tertinggi pada posisi +30° dan arus jangkar terendah pada posisi -30° seperti pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian untuk motor DC tanpa beban.

Tabel 3 Hasil Pengujian Motor DC Seri Tanpa Beban
V= 45 Volt

Posisi Sudut	I_a (Ampere)	N (rpm)
-30°	2.32	1200
-20°	2.47	1300
-10°	2.63	1350
0°	3.26	1400
+10°	3.96	2000
+20°	5.11	1900
+30°	6.30	1250

Dari Tabel 3 terlihat arus jangkar tertinggi pada posisi +30° yaitu sebesar 6.30 A dan arus jangkar terendah pada posisi -30° yaitu 2.32 A.

4.2 Hasil Pengujian Motor DC Seri Berbeban

Pada pengujian ini, peneliti hanya meneliti motor DC dalam keadaan berbeban. Pada pengujian ini didapat arus jangkar tertinggi pada posisi +30° dan arus jangkar terendah pada posisi -30° seperti pada tabel 4. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian untuk motor DC berbeban dengan mengatur :

$$I_{f \text{ gen}} = 0.64 \text{ Ampere}$$

$$R_L = 100 \Omega$$

$$V = 45 \text{ Volt}$$

$$\text{Tahanan Jangkar GA-HB} = 3.80 \Omega$$

$$\text{Tahanan Seri E-F} = 0.60 \Omega$$

Tabel 4 Hasil Pengujian Motor DC Seri Berbeban

Posisi Sudut	I_a (Ampere)	N (rpm)
-30°	4.82	519
-20°	5.20	500
-10°	5.88	480

0°	6.77	450
+10°	7.90	400
+20°	9.25	350
+30°	10.12	300

Dari Tabel 4 terlihat arus jangkar tertinggi pada posisi +30° yaitu sebesar 10.12 A dan arus jangkar terendah pada posisi -30° yaitu 4.82 A

4.3 Analisis Data

Dari data-data pada Tabel 4 dilakukan perhitungan untuk mendapatkan efisiensi tiap posisi sudut. Dalam penelitian ini digunakan beberapa persamaan-persamaan yang berlaku didalam perhitungan efisiensi motor DC seri.

Sebelum mencari besarnya efisiensi motor DC seri kita tentukan dulu GGL armatur adalah sebagai berikut:

$$V_t = E_a + I_a (R_a + R_{se})$$

$$E_a = V_t - I_a (R_a + R_{se})$$

Besar kopel elektromagnetik (torsi jangkar) adalah

$$T_a = \frac{E_a I_a}{2 \pi N}$$

Daya output, daya input dan daya rugi-rugi

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

$$P_{rugi} = I_a^2 (R_a + R_{se})$$

$$P_{in} = P_{out} + P_{rugi}$$

Maka dari persamaan diatas didapat :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \%$$

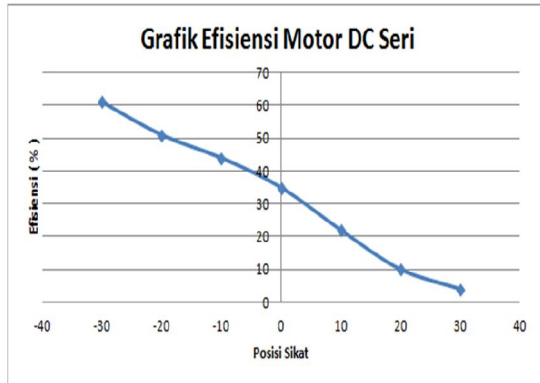
Dengan melakukan perhitungan seperti persamaan di atas pada tiap posisi sikat, maka diperoleh efisiensi tertinggi adalah pada posisi -30° dan efisiensi terendah adalah pada posisi +30° seperti pada tabel 5 berikut:

Tabel 5 Data hasil analisa pergeseran sikat pada motor DC seri

Posisi Sudut	I_a (Ampere)	N (rpm)	Efisiensi (%)
-30°	4.82	519	61
-20°	5.20	500	51
-10°	5.88	480	44
0°	6.77	450	35

+10°	7.90	400	22
+20°	9.25	350	10
+30°	10.12	300	4

Sebagaimana hasil yang diperoleh diatas, maka secara detail terlihat pada gambar 6 dibawah ini :



Gambar 6 Grafik efisiensi motor DC seri

Dari gambar grafik diatas terlihat jelas bahwa penurunan efisiensi dari 7 komposisi (-30°, -20°, -10°, 0°, +10°, +20°, dan +30°) yang dilakukan pengujian dan analisis didapat efisiensi tertinggi pada posisi -30° yaitu 61% hingga keefisiensi terendah yaitu posisi +30° yaitu 4 %.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus jangkar adalah arus yang timbul ketika generator dibebani. Arus jangkar akan bertambah seiring dengan bertambahnya beban. Dalam penelitian ini beban yang dipakai adalah 100 Ω sehingga didapat arus jangkar tertinggi berada pada posisi sudut +30° yaitu sebesar 10,12 ampere dan arus jangkar terendah pada posisi sudut -30°.
2. Dari hasil analisis diperoleh efisiensi tertinggi sebesar 61 % pada posisi sudut -30° dan efisiensi terendah sebesar 4 % pada posisi sudut +30°. Hal ini disebabkan karena pada sudut -30° arus jangkarnya kecil sehingga rugi-rugi juga kecil yang akan berpengaruh kepada efisiensi.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Achmad K.I dan Asiah Nyak Tjut selaku orang tua penulis, Ir. Syamsul Amien M.Si selaku dosen pembimbing, juga Ir. Eddy Warman, Ir. Surya Tarmizi Kasim M.Si yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan paper ini, serta teman-teman penulis yang sudah memberikan dukungan selama pembuatan paper ini.

7. Daftar Pustaka

- [1] Sumanto Drs. MA , 1996, Mesin Arus Searah, Penerbit Andi Offset, Yogyakarta
- [2] Mehta. V. K dan Mehta Rohit, 2002. "Principle of Electrical Machines ". S Chand dan Company LTD, New Delhi.
- [3] Djoko, Achayanto. Ir. M.SC. EE. 2001, "Mesin-mesin Elektrik ". Edisi ke -4, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Zuhail, 1988, " Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya ".Penerbit PT Gramedia, Jakarta.
- [5] Berahim, Hamzah Ir , 1991, Teknik Tenaga Listrik, penerbit Andi Offsed, Yogyakarta.
- [6] Ching Fung Elektrik Co.LTD, Electrical Machines Laboratory. MGT 80