

ANALISIS PENGARUH JATUH TEGANGAN TERHADAP TORSI DAN PUTARAN PADA MOTOR ARUS SEARAH PENGUATAN SHUNT (Aplikasi pada Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU)

Agung Khairi, Syamsul Amien

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara (USU)
Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA
e-mail: agungkhairi@gmail.com

Abstrak

Penggunaan motor arus searah akhir - akhir ini mengalami perkembangan, khususnya dalam pemakaiannya sebagai motor penggerak. Oleh sebab itu, motor DC dituntut harus memiliki torsi dan putaran yang tinggi. Untuk dapat mencapai putaran yang konstan maka diperlukan supply tegangan yang baik. Tetapi hal itu tidak sepenuhnya dapat tercapai mengingat adanya gangguan berupa tegangan jatuh pada saluran penghantar. Turunnya tegangan supply pada motor selain mempengaruhi putaran juga mempengaruhi torsi yang dihasilkan oleh motor. Pada penelitian ini ini, penulis menganalisis pengaruh jatuh tegangan terhadap torsi dan putaran motor DC penguatan shunt dengan menentukan 6 nilai tegangan terminal yaitu 220, 210, 200, 190, 180 dan 170 Volt. Dari hasil pengujian, nilai tegangan terminal 220 Volt memiliki torsi dan putaran motor tertinggi yaitu 9,45 N-m dan 1390 rpm.

Kata Kunci: motor DC, torsi dan putaran

1. Pendahuluan

Motor DC sangat banyak digunakan dalam aplikasi industri. Penggunaan motor DC dapat dijumpai misalnya sebagai penggerak beban mekanik. Motor DC yang digunakan di bidang industri pada umumnya memiliki kapasitas daya yang relatif besar dan disesuaikan dengan beban mekanis serta volume produksi. Untuk itu sebuah motor DC dituntut harus memiliki torsi dan putaran yang sesuai dengan kebutuhan.

Dalam prakteknya tegangan yang di supply oleh pembangkit tidaklah sama untuk setiap waktunya. Terdapat suatu gangguan berupa tegangan jatuh pada saluran penghantar yang dapat mempengaruhi kerja berbagai peralatan listrik khususnya motor DC. Dengan demikian, perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh jatuh tegangan terhadap torsi dan putaran pada motor DC penguatan shunt.

2. Jatuh Tegangan pada Motor DC Shunt

Motor arus searah (DC) adalah mesin yang mengubah energi listrik arus searah

menjadi energi mekanis yang berupa putaran. Berdasarkan fisiknya motor DC secara umum terdiri atas bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Stator merupakan tempat diletakkannya kumparan medan yang berfungsi untuk menghasilkan fluksi magnet sedangkan rotor merupakan tempat diletakkannya rangkaian jangkar seperti kumparan jangkar, komutator dan sikat [1].

Motor DC bekerja berdasarkan prinsip interaksi antara dua fluksi magnetik. Ketika kumparan medan dan kumparan jangkar dihubungkan dengan suatu sumber tegangan DC maka pada kumparan medan akan mengalir arus medan (I_f) sehingga menghasilkan fluksi magnet yang arahnya dari kutub utara menuju kutub selatan. Sedangkan pada kumparan jangkar menghasilkan arus jangkar (I_a), sehingga pada konduktor jangkar timbul fluksi magnet yang melingkar. Berdasarkan hukum Lorentz kita ketahui bahwa apabila sebuah konduktor yang dialiri arus ditempatkan pada sebuah medan magnet maka pada konduktor tersebut akan timbul gaya, maka demikian pula halnya pada kumparan jangkar. Besarnya gaya ini bergantung dari besarnya arus yang mengalir

pada kumparan jangkar, kerapatan fluksi dan panjang konduktor jangkar. Semakin besar fluksi yang terimbas pada kumparan jangkar maka arus yang mengalir pada kumparan jangkar juga besar, dengan demikian gaya yang terjadi pada konduktor juga semakin besar. Jika arus jangkar tegak lurus dengan arah induksi magnetik maka besar gaya yang dihasilkan oleh arus yang mengalir pada konduktor jangkar yang ditempatkan dalam suatu medan magnet adalah [2] :

$$F = B \cdot i \cdot l \tag{1}$$

Dimana :

F = gaya yang bekerja pada konduktor (N)

B = kerapatan fluks magnetic (Wb/m²)

i = arus yang mengalir pada konduktor (A)

l = panjang konduktor (m)

Arah gaya ini dapat ditentukan dengan kaidah tangan kiri yang berbunyi sebagai berikut : Apabila tangan kiri terbuka diletakkan diantara kutub U dan S sehingga garis-garis gaya yang keluar dari kutub Utara menembus telapak tangan kiri dan arus di dalam kawat mengalir searah dengan arah keempat jari, maka kawat itu akan mendapat gaya yang arahnya sesuai dengan arah ibu jari [3].

Gaya yang timbul pada konduktor tersebut akan menghasilkan momen putar atau torsi. Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat ditentukan dengan persamaan 2.

$$T_a = F \cdot r \tag{2}$$

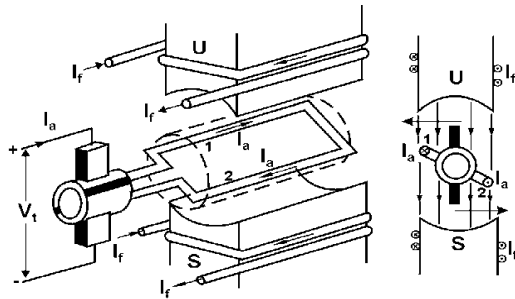
Dimana :

T_a = torsi jangkar (Newton-meter)

r = jari-jari rotor (meter)

Apabila torsi start lebih besar dari torsi beban, maka jangkar akan berputar.

Prinsip kerja motor DC dapat dilihat pada Gambar 1.

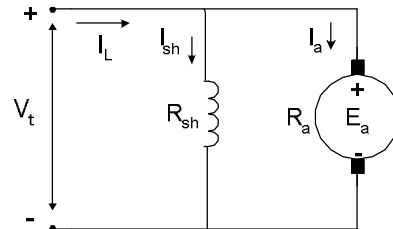


Gambar 1. Prinsip perputaran motor DC

Berdasarkan sumber tegangan penguatannya, motor DC dapat dibagi menjadi dua, yaitu motor DC penguatan bebas (penguatan luar) dan motor DC penguatan

sendiri. Salah satu jenis motor DC penguatan sendiri adalah motor DC penguatan shunt.

Pada motor DC penguatan shunt, kumparan medan penguatnya dihubungkan langsung pada terminal sehingga paralel dengan kumparan jangkar. Rangkaian ekivalen motor DC penguatan shunt dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian ekivalen motor DC Penguatan shunt

Dari Gambar 2 diatas, diperoleh persamaan tegangan terminal motor DC penguatan shunt seperti ditunjukkan oleh persamaan 3 [2].

$$V_t = E_a + I_a \cdot R_a \tag{3}$$

$$I_{sh} = \frac{V_t}{R_{sh}} \tag{4}$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \tag{5}$$

Motor shunt mempunyai kecepatan yang hampir konstan. Pada tegangan terminal (V_t) konstan, motor shunt mempunyai putaran hampir konstan walaupun terjadi perubahan beban. Perubahan kecepatan hanya sekitar 10%. Pemakaiannya misalnya untuk kipas angin, elevator, pengaduk, mesin cetak, juga untuk pengerjaan kayu dan logam [3].

Jatuh tegangan adalah selisih antara tegangan ujung pengirim dengan tegangan ujung penerima. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Secara matematis dapat dituliskan seperti persamaan 6.

$$\Delta V = V_s - V_r \tag{6}$$

Dimana :

ΔV = jatuh tegangan (volt)

V_s = tegangan di sisi pengirim (volt)

V_r = tegangan di sisi penerima (volt)

Atau dapat juga ditulis dalam bentuk persentase :

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% \tag{7}$$

Dimana :

ΔV (%) = rugi tegangan dalam persen

ΔV = rugi tegangan (volt)

V = tegangan kerja (volt)

Penurunan tegangan maksimum pada beban penuh yang dibolehkan di beberapa titik pada jaringan distribusi adalah [4]:

1. SUTM = 5% dari tegangan kerja bagi sistem radial
2. SKTM = 2% dari tegangan kerja pada sistem spindle dan gugus
3. Trafo distribusi = 3% dari tegangan kerja
4. Saluran tegangan rendah = 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban
5. Sambungan rumah = 1% dari tegangan nominal

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu. Maka tegangan yang hilang disepanjang saluran penghantar adalah [5] :

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (8)$$

Dimana :

I = arus beban (A)

R = tahanan saluran (ohm)

X = reaktansi saluran (ohm)

$\cos \theta$ = faktor daya beban

Besar gaya gerak listrik induksi pada kumparan jangkar akibat berputarnya rotor yang terletak di antara kutub magnet adalah :

$$E_a = K \cdot n \cdot \phi \quad (9)$$

Atau dapat juga ditulis :

$$n = \frac{E_a}{K \cdot \phi} \quad (10)$$

Pada motor DC shunt berlaku persamaan :

$$E_a = V_t - I_a \cdot R_a$$

Oleh karena itu persamaan 10 dapat dituliskan menjadi :

$$n = \frac{V_t - I_a \cdot R_a}{K \cdot \phi} \quad (11)$$

Dengan demikian, kecepatan putar motor dapat diperoleh dengan mengubah-ubah flux magnet (ϕ), pengaturan arus armatur (I_a) atau perubahan tegangan terminal (V_t) [6].

Hubungan pengaruh turunnya tegangan terhadap persamaan torsi jangkar yang dihasilkan oleh motor dapat kita perhatikan pada persamaan 12.

$$T_a = 9,55 \times \frac{E_a \times I_a}{n} \quad (12)$$

karena

$$E_a = V_t - I_a \cdot R_a$$

maka

$$T_a = 9,55 \times \frac{(V_t - I_a \cdot R_a) \times I_a}{n} \quad (13)$$

Dari persamaan-persamaan yang ditunjukkan diatas dapat dilihat bahwa penurunan tegangan terminal pada motor DC shunt akan berpengaruh terhadap penurunan torsi dan putaran yang dihasilkan oleh motor [2].

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada jam 14.00 sampai dengan 17.00 pada tanggal 1 Juni dan 3 Juni 2013 di Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU.

Objek penelitian ini adalah melakukan pengukuran terhadap motor DC shunt akibat penurunan tegangan terminal dengan variabel motor DC shunt dan tegangan pada motor.

Untuk menganalisis hubungan antara nilai tegangan supply terhadap torsi dan putaran pada motor DC shunt, maka dilakukan pengujian dengan menurunkan tegangan yang diberikan ke terminal motor melalui autotrafo pada kondisi tanpa beban dan kondisi berbeban. Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan enam nilai tegangan terminal, yaitu nilai tegangan nominal atau 220 volt diikuti lima nilai dibawahnya yaitu 210, 200, 190, 180 dan 170 volt.

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

- a. Pengumpulan data yaitu dengan metode dokumentasi dan observasi.
- b. Mempersiapkan alat dan bahan untuk penelitian.
- c. Mengkondisikan objek penelitian ini dengan memastikan bahwa motor DC shunt dapat beroperasi dengan pengaturan tegangan terminal motor.
- d. Mengkondisikan alat ukur agar memiliki validitas yang baik yang harus disetting dengan benar.
- e. Tahap pengambilan data yang meliputi arus dan putaran terhadap tegangan.
- f. Tahap analisis data dengan menggunakan analisis matematis untuk memecahkan masalah dan memperoleh kesimpulan dalam penelitian. Analisis ini adalah mengadakan perhitungan-perhitungan berdasarkan persamaan yang berlaku didalam

perhitungan torsi pada motor DC shunt. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T_a = 9,55 \times \frac{E_a \times I_a}{n}$$

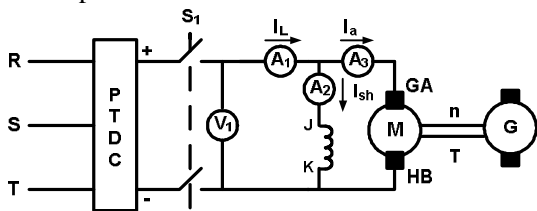
Adapun peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Satu unit Motor Arus Searah AEG 1,2 kW
2. Satu unit Generator Arus Searah AEG 2 kW
3. Power Supply yang terdiri dari dua unit PTDC
4. Satu unit Tahanan Geser
5. Dua buah Voltmeter
6. Empat buah Amperemeter
7. Satu buah Tachometer
8. Kabel Penghubung secukupnya

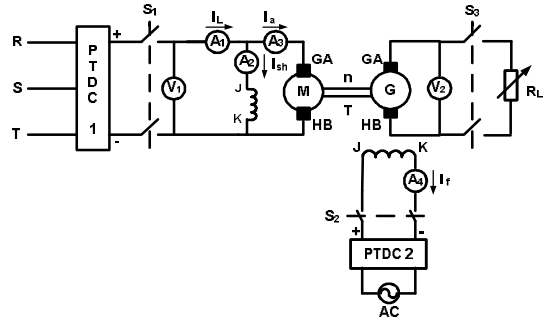
Motor yang digunakan pada pengujian ini adalah motor DC tipe Gd 110/110 G-Mot Nr. 7983745 dengan penguatan shunt yang terdapat di Laboratorium Konversi Energi Listrik FT-USU dengan spesifikasi sebagai berikut :

- V = 220 V
- P = 1,2 kW
- I_L = 7,1 A
- I_{sh} = 0.177 A
- n = 1400 rpm
- Jumlah Kutub = 2
- Kelas Isolasi = B
- Tahanan Medan Shunt (J-K) = 1,25 kΩ
- Tahanan Medan Seri (E-F) = 0,6 Ω
- Tahanan Jangkar (GA-HB) = 3,8 Ω

Adapun rangkaian percobaan untuk pengujian pengaruh jatuh tegangan terhadap torsi dan putaran pada motor DC shunt dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Rangkaian pengujian motor DC shunt pada kondisi tanpa beban



Gambar 4. Rangkaian pengujian motor DC shunt pada kondisi berbeban

4. Hasil dan Analisis Pengukuran

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 yang dihasilkan oleh motor biasanya berupa torsi dan putaran. Untuk menggerakkan beban maka torsi dan putaran yang dihasilkan oleh motor harus sesuai dengan kebutuhan beban.

4.1 Hasil Pengujian Motor DC Shunt Tanpa Beban

Tabel 1. Data hasil pengujian penurunan tegangan terminal motor DC shunt pada kondisi tanpa beban.

No	Vt (Volt)	I _L (A)	I _{sh} (A)	I _a (A)	n (rpm)
1	220	2,93	0,15	2,78	1700
2	210	2,66	0,15	2,51	1650
3	200	2,57	0,15	2,42	1610
4	190	2,53	0,15	2,38	1600
5	180	2,46	0,15	2,31	1550
6	170	2,41	0,15	2,26	1530

Dari Tabel 1 terlihat putaran tertinggi diperoleh pada saat tegangan terminal 220 volt yaitu 1700 rpm dan putaran terendah diperoleh pada saat tegangan terminal 170 volt yaitu 1530 rpm.

4.2 Hasil pengujian Motor DC Shunt Berbeban

Tabel 2. Data hasil pengujian penurunan tegangan terminal motor DC shunt pada kondisi berbeban.

$I_f = 0,64$ Ampere
 $R_L = 100$ Ohm

No	Vt (Volt)	Eg (Volt)	IL (A)	Ish (A)	Ia (A)	n (rpm)
1	220	217	7,23	0,13	7,15	1390
2	210	209	6,85	0,13	6,72	1320
3	200	204	6,82	0,13	6,69	1300
4	190	198	6,78	0,13	6,65	1250
5	180	191	6,73	0,13	6,60	1200
6	170	185	6,71	0,13	6,58	1160

Dari Tabel 2 terlihat putaran tertinggi diperoleh pada saat tegangan terminal 220 volt yaitu 1390 rpm dan putaran terendah diperoleh pada saat tegangan terminal 170 volt yaitu 1160 rpm.

4.3 Analisis Data

Berdasarkan data – data yang diperoleh pada Tabel 1 dan 2 maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan torsi jangkar pada setiap tahap penurunan nilai tegangan terminal. Torsi jangkar (T_a) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

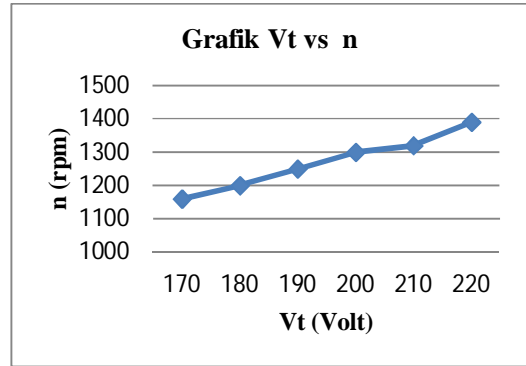
$$T_a = 9,55 \times \frac{E_a \times I_a}{n}$$

Setelah dilakukan perhitungan, maka diperoleh torsi motor dalam keadaan berbeban yang ditunjukkan pada Tabel 3.

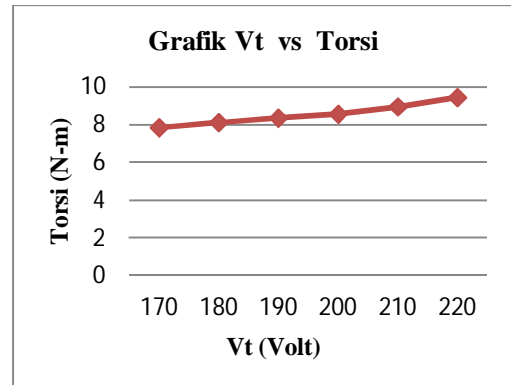
Tabel 3. Hasil analisis data penurunan tegangan terminal pada motor DC shunt

No	Vt (Volt)	Eg (Volt)	IL (A)	Ish (A)	Ia (A)	n (rpm)	Torsi (N-m)
1	220	217	7,23	0,13	7,15	1390	9,45
2	210	209	6,85	0,13	6,72	1320	8,96
3	200	204	6,82	0,13	6,69	1300	8,57
4	190	198	6,78	0,13	6,65	1250	8,36
5	180	191	6,73	0,13	6,60	1200	8,13
6	170	185	6,71	0,13	6,58	1160	7,85

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa penurunan torsi dan putaran akan sebanding dengan penurunan nilai tegangan terminal (V_t) pada motor DC. Hubungan antara tegangan terminal dengan putaran dan tegangan terminal dengan torsi dapat dilihat masing-masing pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik tegangan terminal vs putaran motor DC shunt



Gambar 6. Grafik tegangan terminal vs torsi motor DC shunt

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis perhitungan yang dilakukan penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Torsi dan putaran pada motor arus searah penguatan shunt akan menurun seiring dengan turunnya tegangan yang di supply ke terminal motor.
2. Dari analisis data diperoleh bahwa torsi dan putaran tertinggi diperoleh pada saat tegangan terminal bernilai 220 Volt yaitu sebesar 9,45 N-m dan 1390 rpm sedangkan torsi dan putaran terendah diperoleh pada

saat tegangan terminal bernilai 170 Volt yaitu sebesar 7,85 N-m dan 1160 rpm.

3. Dari analisis data diketahui bahwa penurunan tegangan terminal motor lebih berpengaruh terhadap penurunan torsi dibandingkan dengan penurunan putaran

6. Referensi

- [1]. Hardiansyah, Rizky, *Analisis Perbandingan Pengaruh Posisi Sikat Terhadap Efisiensi Dan Torsi Motor DC Penguatan Kompon Panjang Dengan Motor DC Penguatan Kompon Pendek*, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan : 2013
- [2]. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/27627/3/Chapter%20II.pdf>
- [3]. Sumanto, *Mesin Arus Searah*, Andi Offset, Yogyakarta : 1991
- [4]. Asy'ari, Hasyim, *Perbaikan Jatuh Tegangan Dan Rekonfigurasi Beban Pada Panel Utama Prambanan*, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta : 2011
- [5]. Gonen, Turan, *Electric Power Distribution System Engineering*, McGraw-Hill.Inc, New York : 1986
- [6]. Rijono, Yon, *Dasar Teknik Tenaga Listrik*, Andi Offset, Yogyakarta : 1997