

PENGARUH PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENGATURAN TAHANAN JANGKAR TERHADAP EFFISIENSI MOTOR DC SHUNT

Armansyah

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UISU
armansyah@ft.uisu.ac.id*

Abstrak

Motor arus searah merupakan salah satu motor listrik yang sering digunakan oleh industri-industri yang membutuhkan hasil kerja yang konstan. Hal tersebut dikarenakan motor arus searah menggunakan sumber tegangan DC sebagai sumber tegangannya. Untuk kebutuhan yang semakin lama semakin kompleks yaitu kebutuhan yang menginginkan adanya variasi dari kecepatan motor arus searah maka ada beberapa metode yang bisa digunakan dan salah satunya adalah pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan pengaturan tahanan rangkaian jangkar (R_a). Tetapi dikarenakan adanya penambahan tahanan pada metode tersebut maka dapat merubah besaran-besaran yang ada pada motor tersebut terutama pada efisiensi motor. Maka dari itu dalam tulisan ini akan melihat seberapa besar pengaruh pengaturan kecepatan motor arus searah menggunakan tahanan rangkaian jangkar terhadap efisiensi motor DC shunt.

Kata-kata Kunci : Motor DC, Kecepatan, Pengaturan, Tahanan

I. Pendahuluan

Suatu mesin listrik berfungsi sebagai motor listrik apabila terjadi proses konversi energi listrik menjadi energi mekanik di dalamnya. Motor DC adalah motor yang memerlukan suplai tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Berdasarkan karakteristiknya, motor arus searah ini mempunyai daerah pengaturan putaran yang luas dibandingkan dengan motor arus bolak-balik, sehingga sampai sekarang masih banyak digunakan pada pabrik-pabrik yang mesin produksinya memerlukan pengaturan putaran yang memiliki banyak variasi.

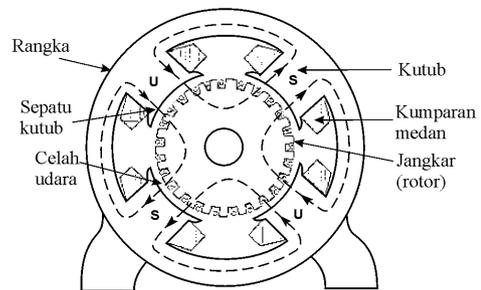
Secara umum ada tiga metode pengaturan yang sering digunakan untuk mengatur kecepatan motor yaitu pengaturan arus medan (*field current control*), pengaturan tahanan rangkaian jangkar (*Armatur circuit resistance control*), pengaturan tegangan terminal jangkar (*Armatur terminal voltage control*).

Dengan adanya beberapa metode pengaturan kecepatan tersebut maka ada beberapa komponen yang akan diubah atau ditambahkan ke motor DC sehingga terjadi perubahan dari beberapa besaran yang ada pada motor DC tersebut salah satunya yaitu nilai efisiensi dari motor DC .

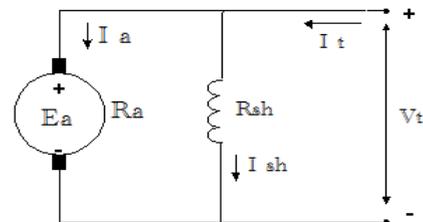
II. Tinjauan Pustaka

2.1 Motor DC Shunt

Motor *Shunt* adalah motor penguat sendiri di mana lilitan penguat magnetnya dihubungkan paralel dengan lilitan jangkar atau dihubungkan langsung dengan sumber tegangan dari luar, ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Bagian Komponen Motor DC Shunt



Gambar 2. Rangkaian listrik Motor DC Shunt

Persamaan-persamaan yang berlaku pada motor *shunt* adalah:

$$V_t = E_a + (I_a \times R_a)$$

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

$$I_L = I_a + I_{sh}$$

Di mana :

V_t = Tegangan jepit / tegangan masukan ke motor (Volt)

E_a = Gaya gerak listrik induksi (volt)

I_a = Arus jangkar (*Ampere*)
 R_a = Tahanan Jangkar (*Ohm*)
 I_{sh} = Arus kumparan medan *shunt* (*Ampere*)
 R_{sh} = Tahanan medan *shunt* (*Ohm*)
 I_L = Arus dari jala – jala (*Ampere*)

Jika persamaan di atas dikalikan dengan I_a , kita peroleh:

$$V_t I_a = E_a I_a + I_a^2 R_a$$

Persamaan ini dikenal dengan persamaan daya motor DC penguatan *shunt*.

Dimana,

$V_t I_a$ = Daya listrik yang diberikan ke jangkar (daya masukan jangkar)

$E_a I_a$ = Daya yang dibangkitkan oleh jangkar (daya keluaran jangkar)

$I_a^2 R_a$ = Daya listrik yang terbuang di dalam jangkar (rugi tembaga jangkar)

Dengan demikian diketahui bahwa dari keluaran daya masukan jangkar sebagian kecil terbuang sebagai rugi tembaga jangkar ($I_a^2 R_a$) dan sebagian lainnya ($E_a I_a$) dikonversikan menjadi energi mekanis di dalam jangkar.

2.2 Karakteristik Motor Shunt

Gambar 2 menunjukkan rangkaian listrik dari suatu motor DC *shunt*. Arus medan I_{sh} besarnya konstan karena kumparan medan langsung terhubung dengan tegangan sumber V_t yang dianggap konstan. Oleh karena itu fluksi di dalam motor *shunt* hampir dapat dikatakan konstan.

(i) Karakteristik T_a / I_a

Telah diketahui bahwa di dalam motor DC,

$$T_a \sim \Phi I_a$$

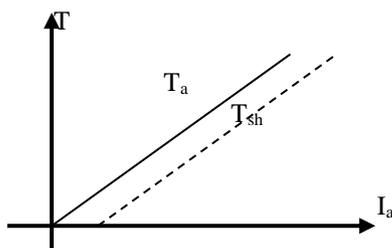
Karena motor beroperasi dari suatu tegangan sumber yang konstan, fluksi Φ juga konstan (dengan mengabaikan reaksi jangkar).

Maka,

$$T_a \sim I_a$$

Dengan demikian karakteristik T_a / I_a motor DC *shunt* merupakan garis lurus yang melalui titik asal seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Torsi poros (T_{sh}) kurang dibandingkan T_a dan ditunjukkan oleh garis putus-putus. Jelas terlihat pada kurva bahwa arus yang sangat besar dibutuhkan untuk men-*start* beban yang berat. Oleh karena itu, motor DC *shunt* tidak boleh di-*start* dalam keadaan berbeban berat.



Gambar 3. Karakteristik T_a / I_a

(ii) Karakteristik n / I_a

Kecepatan motor DC diberikan dengan Persamaan,

$$n \sim \frac{E}{\Phi}$$

Fluksi Φ dan GGL lawan E_a di dalam motor DC *shunt* hampir konstan di bawah kondisi normal. Dengan demikian, kecepatan motor DC *shunt* selalu konstan walaupun arus jangkar berubah-ubah nilainya. Dengan kata lain, ketika beban bertambah, $E_a = V_t - (I_a R_a)$ dan Φ berkurang karena *drop* tahanan jangkar dan reaksi jangkar. Bagaimanapun, E_a berkurang lebih sedikit daripada Φ sehingga dengan demikian kecepatan motor menurun sedikit dengan pertambahan beban.

(iii) Karakteristik n / T_a

Suatu kurva diperoleh dengan menggambarkan nilai n dan T_a untuk berbagai arus jangkar. Dapat dilihat bahwa kecepatan agak menurun seiring dengan pertambahan beban.

2.3 Metode Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah

Sebagaimana telah diketahui bahwa di dalam motor DC berlaku persamaan:

$$E_a = V_t - I_a R_a$$

Dimana :
$$E_a = \frac{P \Phi Z n}{60 A}$$

Sehingga :
$$\frac{P \Phi Z n}{60 A} = V_t - I_a R_a$$

Atau
$$n = \frac{(V_t - I_a R_a) 60 A}{\Phi P Z}$$

Atau
$$n = K \frac{(V_t - I_a R_a)}{\Phi}$$

di mana
$$K = \frac{60 A}{P Z}$$

Tetapi
$$V_t - I_a R_a = E_a$$

Maka :
$$n = K \frac{E_a}{\Phi}$$

Atau
$$n \sim \frac{E_a}{\Phi}$$

Dimana :

T = Torsi (*Newton – Meter*)

K = Konstanta (bergantung pada ukuran fisik motor)

ϕ = Fluksi setiap kutub (*Weber*)

I_a = Arus jangkar (*Ampere*)

P = Jumlah kutub

Z = Jumlah konduktor

A = Cabang paralel

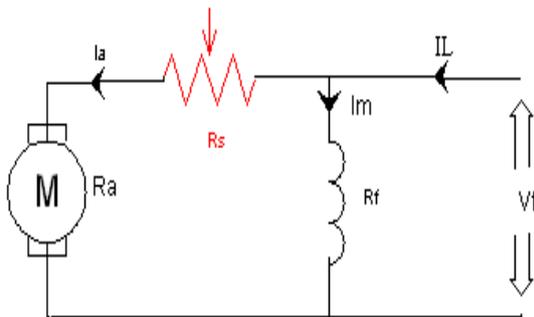
Dengan demikian di dalam motor DC, kecepatan berbanding lurus dengan GGL E_a dan berbanding terbalik dengan fluks per kutub Φ .

Untuk mengatur kecepatan motor DC *shunt* ada beberapa cara yang dapat digunakan, salah satunya adalah dengan menambahkan tahanan yang terhubung seri (R_s) dan terhubung paralel (R_p) terhadap tahanan jangkar motor DC *shunt*. Dengan penambahan tahanan seri (R_s) pada jangkar dan tahanan paralel (R_p) pada jangkar motor DC *shunt* tersebut berpengaruh terhadap efisiensi motor DC *shunt*.

2.4 Rangkaian percobaan Motor DC Shunt

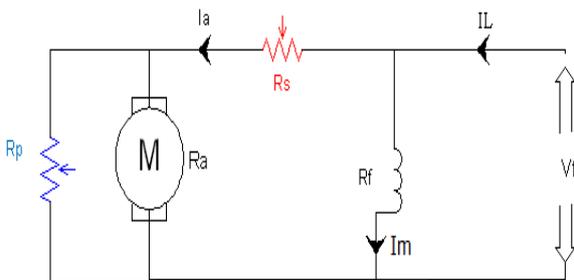
Ada 2 macam pengaturan kecepatan motor DC dengan pengaturan tahanan jangkar yang dicobakan:

1. Dengan penambahan tahanan (R_s) terhubung seri dengan tahanan jangkar pada motor DC *shunt*.



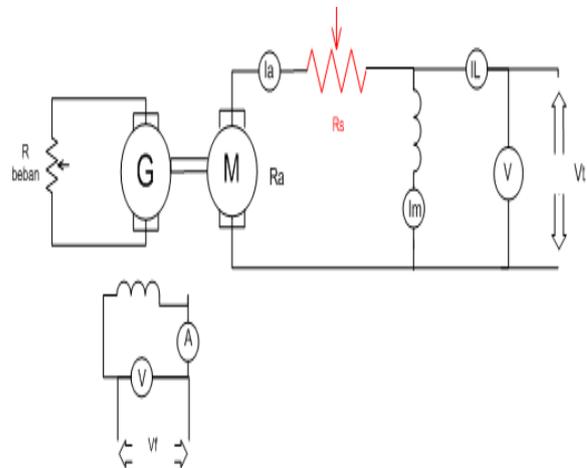
Gambar 4. Rangkaian motor DC *shunt* dengan tahanan R_s terhubung seri dengan tahanan jangkar motor DC *shunt*

2. Dengan penambahan tahanan (R_s) terhubung seri dan dengan penambahan tahanan (R_p) terhubung paralel dengan tahanan jangkar pada motor DC *shunt*.



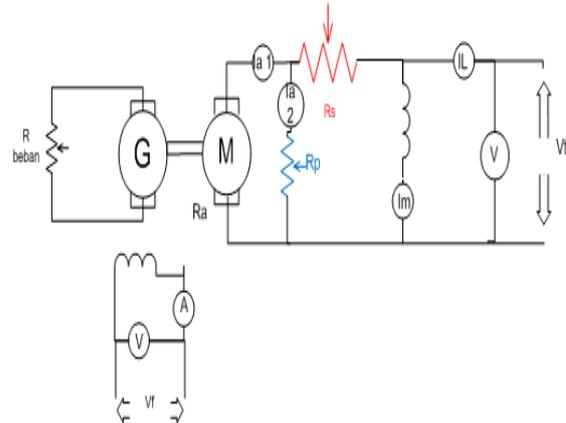
Gambar 5. Rangkaian motor DC *shunt* dengan R_s terhubung seri dan R_p terhubung paralel terhadap tahanan jangkar motor

Dengan penambahan R_s yang terhubung seri terhadap jangkar motor DC *shunt*.



Gambar 6. Rangkaian motor DC *shunt* dengan penambahan tahanan R_s dan dengan beban generator

Dengan penambahan R_s yang terhubung seri terhadap jangkar dan R_p yang terhubung paralel dengan jangkar motor DC *shunt*.



Gambar 7. Rangkaian motor DC *shunt* dengan penambahan tahanan R_s , R_p dan dengan beban generator

Berikut adalah data yang didapatkan dari percobaan yang dilakukan dengan penambahan tahanan seri (R_s) pada tahanan jangkar dan tahanan Paralel (R_p) pada tahanan jangkar medan motor DC *shunt*.

Tabel 1. Saat penambahan R_s dengan $V_t = 220$ Volt, $I_m = 0,64$ Ampere dan beban di jaga konstan

No	R_s (Ohm)	I_a (A)	I_L (A)	N (rpm)
1	0	4,18	4,81	1320
2	5	4,16	4,79	1300
3	10	4,13	4,76	1260
4	15	4,11	4,74	1210
5	20	4,10	4,73	1150
6	25	4,08	4,71	1000

Tabel 2. Saat penambahan tahanan R_p dengan $R_s = 25$ Ohm, $V_t = 220$ Volt, $I_m = 0,64$ A dan beban dijaga konstan

No	R_p (Ohm)	I_{a1} (A)	I_{a2} (A)	I_L (A)	N (RPM)
1	10	1,21	2,98	4,83	1100
2	15	1,57	2,59	4,79	1000
3	25	2,08	2,09	4,81	900

Tabel 3. Saat penambahan tahanan R_p dengan $R_s = 20$ Ohm, $V_t = 220$ Volt, $I_m = 0,64$ A dan beban dijaga konstan

No	R_p (Ohm)	I_{a1} (A)	I_{a2} (A)	I_L (A)	N (RPM)
1	10	1,36	2,75	4,75	1150
2	15	1,72	2,35	4,73	1100
3	25	2,28	1,83	4,76	950

Tabel 4. Saat penambahan tahanan R_p dengan $R_s = 15$ Ohm, $V_t = 220$ Volt, $I_m = 0,64$ A dan beban yang di jaga konstan

No	R_p (Ohm)	I_{a1} (A)	I_{a2} (A)	I_L (A)	n (RPM)
1	10	1,64	2,48	4,76	1175
2	15	2,07	2,06	4,75	1050
3	25	2,58	1,55	4,76	1000

III. Analisa

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat diperoleh bahwa dari data teori dan praktek bisa diambil dan dapat dibandingkan. Untuk pengambilan data agar diketahui hasil akhir perbandingan efisiensi motor DC *shunt* maka dicari terlebih dahulu konstanta $C \times \Phi$ nya dengan nilai I_a , n yang berubah-ubah sesuai dengan data hasil percobaan yang tercantum pada Tabel 1, 2, 3, dan 4

Tabel 5. Nilai $C \times \Phi$ pada saat penambahan R_s , $I_m = 0,64$ A

R_s (Ohm)	I_a (A)	I_L (A)	n (rpm)	$C \times \Phi$
0	4,18	4,81	1350	0,15
5	4,16	4,16	1300	0,14
10	4,13	4,13	1250	0,13
15	4,11	4,11	1200	0,12
20	4,10	4,10	1170	0,12
25	4,08	4,08	1000	0,10

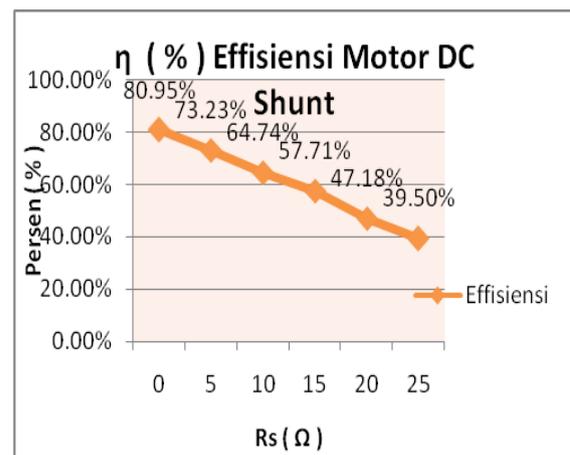
Tabel 6. Perhitungan n (rpm) teori dengan perubahan nilai R_s

No	R_s (Ohm)	n (rpm) teori	n (rpm) praktek
1	0	1387	1350
2	5	1337,92	1300
3	10	1283,76	1250
4	15	1221,66	1200
5	20	1262,8	1170
6	25	1063,4	1000

Tabel 7. Perhitungan nilai efisiensi motor DC *shunt* saat penambahan R_s

NO	R_s (Ω)	n (rpm) Praktek	n (rpm) Teori	η (%)
1	0	1350	1388,64	80,95
2	5	1300	1337,93	73,23
3	10	1250	1322,69	64,74
4	15	1200	1267,42	57,71
5	20	1170	1221,09	47,18
6	25	1000	1063,3	39,50

Dari Tabel 7 di atas telah didapatkan nilai efisiensi motor DC *shunt* dengan perubahan nilai R_s terhubung seri terhadap tahanan jangkar dan nilai efisiensi tersebut dapat terlihat jelas pada grafik Gambar 7.

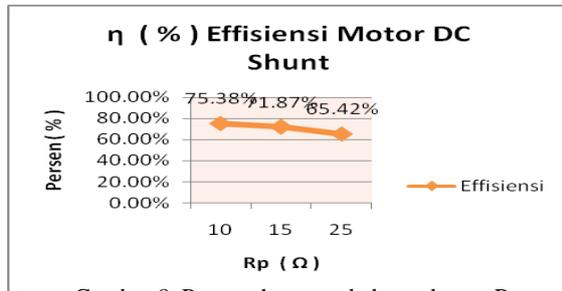


Gambar 7. Pengaruh penambahan tahanan R_s terhadap efisiensi motor DC *shunt*

Tabel 8. Perhitungan nilai efisiensi motor DC *shunt* saat $R_s = 25$ Ohm dan $R_p = 10, 15, 25$ Ohm

No	R_s (Ohm)	R_p (Ohm)	n (rpm) praktek	η (%)
1	25	10	1100	75,38
2	25	15	1000	71,86
3	25	25	900	64,43

Dari Tabel 8 di atas telah didapatkan nilai efisiensi motor DC *shunt* dengan perubahan nilai $R_s = 25$ Ohm dan $R_p = 10, 15, 25$ Ohm dan nilai efisiensi tersebut dapat dilihat pada grafik Gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh penambahan tahanan R_s dan R_p terhadap efisiensi motor dc

IV. Kesimpulan

Dari analisa maka dapat kita simpulkan yaitu :

1. Penambahan tahanan terhubung seri (R_s) terhadap tahanan jangkar menyebabkan berkurangnya nilai arus jangkar (I_a) yang mengalir pada motor DC *shunt* sehingga mengurangi besarnya tegangan ke jangkar motor dan hal tersebut mengurangi kecepatan motor DC *shunt*.

2. Penggabungan penambahan tahanan yang terhubung paralel (R_p) dan seri (R_s) terhadap tahanan jangkar merupakan suatu cara yang lain selain hanya penambahan tahanan (R_s) yang dapat mengatur kecepatan motor di bawah kecepatan nominalnya karena mempengaruhi nilai dari arus jangkar yang mengalir akan pada motor DC *shunt*.
3. Semakin besar nilai tahanan yang ditambahkan untuk pengaturan kecepatan motor ini semakin rendah nilai efisiensi motor DC *shunt*.

Daftar Pustaka

- [1] A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr. Stephen, 1997, *Mesin–Mesin Listrik*, (terjemahan D. Umans Achyanto, Djoko, Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [2] B.L. Theraja, 1978, *A Text Book Of Electrical Technologi*, Revised Edition, S.Chan & Company, New Delhi.
- [3] <http://E:TA%20USU/mesin-arus-searah.html>
- [4] <http:E:TA%20USU/Jenis-Jenis%20motor%20DC%20C2%AB%20Azzahratunnisa.htm>