

# PENGARUH POSISI SIKAT TERHADAP WAKTU PENEREMAN PADA MOTOR ARUS SEARAH PENGUATAN SHUNT DENGAN METODE DINAMIS

**Samson M. Tambunsaribu, Syamsul Amien**

Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara (USU)

Jl. Almamater, Kampus USU Medan 20155 INDONESIA

Email: [samsontambunsaribu@yahoo.com](mailto:samsontambunsaribu@yahoo.com)

## Abstrak

Motor arus searah (DC) adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah dan menghasilkan energi mekanis dalam bentuk putaran. Motor arus searah digunakan secara luas pada berbagai motor penggerak dan pengangkut dengan kecepatan yang bervariasi. Gerak atau putaran yang dihasilkan oleh motor arus searah diperoleh dari interaksi dua buah medan yang dihasilkan oleh bagian jangkar (*armature*) dan bagian medan (*field*) dari motor arus searah. Pada prinsipnya motor sangat membutuhkan proses penghentian putaran yang cepat, yang mana proses penghentian ini disebut dengan pengereman. Dalam pengereman ada beberapa metode yang kita kenal, diantaranya adalah metode pengereman dinamis, pengereman regeneratif dan pengereman plugging. Tulisan ini akan membahas pengaruh posisi sikat terhadap waktu pengereman pada motor arus searah penguatan shunt dengan menggunakan metode dinamis. Dari hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat bahwa perubahan posisi sikat berpengaruh terhadap waktu pengereman. Demikian juga halnya dengan tahanan pengereman, tahanan pengereman berbanding lurus dengan waktu pengereman. Pada pengereman dinamik untuk tahanan pengereman yang sama, waktu pengereman tercepat berada pada posisi sikat  $-30^0$  yaitu sebesar 2,770 detik dan waktu pengereman terlama berada pada posisi sikat  $+30^0$  yaitu sebesar 16,657 detik.

**Kata Kunci :** sikat, pengereman, motor dc, metode dinamis.

## 1. Pendahuluan

Motor arus searah (motor DC) berfungsi mengubah energi listrik arus searah menjadi energi mekanis. Sebuah mesin arus searah dapat digunakan baik sebagai motor arus searah maupun generator arus searah. Motor DC menggunakan tegangan searah sebagai sumber tenaganya. Dalam dunia industri sistem produksi yang memerlukan kecepatan, ketepatan namun konsumsi daya yang efisien sangat diperlukan. Seperti pemakaian motor DC dalam memproduksi, mengangkat dan menurunkan atau pun menggerakkan perangkat mesin. Namun tidak setiap saat motor DC berputar perlu dilakukan yang namanya penghentian putaran atau yang disebut dengan pengereman.

Pengereman dapat dilakukan dengan menggunakan pengereman mekanis. Namun pengereman dengan cara ini dinilai kurang efektif. Permasalahan yang dihadapi dalam pengereman mekanis ini adalah jika motor yang direm berputar dengan sangat cepat maka gesekan yang terjadi pada rem akan membuat temperatur rem sangat panas.

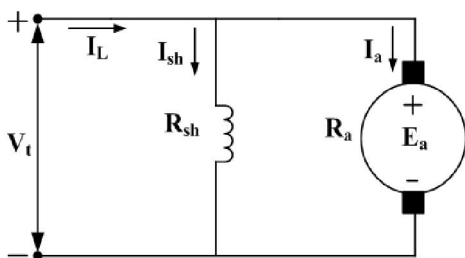
Sehingga pada keadaan ini rem membutuhkan waktu yang lama untuk kembali dingin dan dapat beroperasi kembali. Oleh karena itulah penting dilakukan pengereman secara elektrik. Pengereman elektrik dapat memperlambat motor yang sedang berputar dan menghentikannya dalam waktu yang singkat dan pulih dalam waktu yang singkat pula. Metode pengereman elektrik yang dimaksud adalah metode pengereman dinamis.

Pada motor DC, pengaturan posisi sikat dalam mengantisipasi reaksi jangkar ternyata berpengaruh pada unjuk kerja, efisiensi dan torsi dari motor tersebut. Maka dengan mengatur posisi sikat-sikat pada komutator akan dapat meningkatkan performansi dari motor DC tersebut sehingga motor DC dapat bekerja lebih baik. Akibat dari pengaturan posisi sikat ini tentu juga akan berpengaruh terhadap besar kecilnya arus yang mengalir pada jangkarnya. Dengan berubahnya besar nilai arus pada jangkar akan sangat mempengaruhi terhadap cepat lambatnya waktu pengereman. Tulisan ini akan membahas tentang pengaruh posisi sikat terhadap waktu pengereman pada motor arus

searah penguatan shunt dengan menggunakan metode dinamis.

**2. Pengereman Pada Motor DC Shunt**

Secara sederhana motor arus searah dapat didefinisikan sebagai suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik pada arus searah (DC) menjadi energi gerak atau energi mekanik, dimana energi gerak tersebut berupa putaran pada bagian yang disebut rotor. Pada motor arus searah shunt kumparan medan sama seperti pada penguat terpisah, tetapi kumparan medan terhubung secara paralel dengan rangkaian rotor. Satu sumber yang sama digunakan untuk menyuplai kumparan medan dan kumparan rotor. Oleh karena itu, total arus dalam jalur merupakan penjumlahan arus medan dan arus jangkar. Rangkaian ekivalen motor arus searah penguatan shunt dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Motor arus searah shunt [2]

Persamaan umum motor arus searah penguatan shunt :

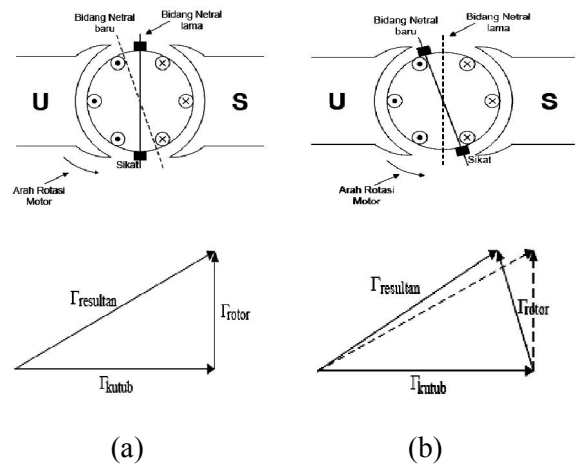
$$V_t = E_a + I_a R_a \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{sh} = V_t = I_{sh} \cdot R_{sh} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_L = I_a + I_{sh} \dots\dots\dots(3)$$

Pada motor arus searah memindahkan sikat seirama dengan perpindahan bidang netral bertujuan untuk menghindari percikan bunga api yang mungkin timbul. Namun dalam penerapannya hal ini cukup sulit karena jarak perpindahan bidang netralnya sangat ditentukan oleh besarnya beban yang dipikul oleh mesin sehingga sikat harus juga diubah setiap saat, seirama dengan perubahan jarak perpindahan bidang netral. Selain itu pergeseran sikat ini akan memperburuk melemahnya fluksi akibat reaksi jangkar mesin. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2(a) diperlihatkan kondisi ketika bidang netral mesin bergeser (lihat gambar segitiga ggm), sedangkan pada Gambar 2(b) terlihat bidang netral yang bergeser disertai dengan bergesernya sikat mesin. Akibat pergeseran tersebut terlihat ggm resultannya melemah sedemikian rupa.



Gambar 2. Pelemahan GGM akibat pergeseran bidang netral [5]

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. Pengaturan posisi sikat dalam mengantisipasi reaksi jangkar ternyata berpengaruh pada unjuk kerja, efisiensi dan torsi dari motor tersebut. Maka dengan mengatur posisi sikat-sikat pada komutator akan dapat meningkatkan performansi dari motor DC tersebut sehingga motor DC dapat bekerja lebih baik. Akibat dari pengaturan posisi sikat ini tentu juga akan berpengaruh terhadap besar kecilnya arus yang mengalir pada jangkarnya. Dengan berubahnya besar nilai arus pada jangkar akan sangat mempengaruhi terhadap cepat lambatnya waktu pengereman.

Pada pengereman motor searah shunt, untuk dapat menghentikan putaran motor dalam waktu yang relatif singkat maka kita perlu melakukan pengereman. Pengereman pada motor arus searah (DC) dapat dibedakan menjadi tiga bagian, yaitu: pengereman plugging, pengereman regeneratif, dan pengereman dinamis.

Pengereman dinamis merupakan salah satu metode pengereman motor listrik yang sangat praktis dan memberikan gaya pengereman yang sangat baik. Dengan alasan itu maka pengereman ini sangat baik digunakan pada sistem pengereman untuk waktu yang sangat singkat karena motor dapat berhenti dengan cepat. Pengereman ini dilakukan dengan memutuskan suplai tegangan ke sebuah motor yang sedang berputar (berjalan) lalu

dihubungkan dengan sebuah tahanan pada terminal jangkarnya. Energi yang dimiliki oleh jangkar yang diakibatkan oleh perputaran akan dilepas melalui tahanan dalam bentuk panas yang menyebabkan kecepatan motor berkurang dan akhirnya berhenti.

Pada pengereman dinamis sesaat setelah dilakukan pengereman, tahanan pengereman  $R_p$  akan terhubung ke rangkaian jangkar motor. Arus yang mengalir pada saat itu tidak akan turun secara drastis, namun secara perlahan. Penurunan arus ini diakibatkan oleh adanya ggl induksi pada kumparan jangkar sebelum pengereman. Ketika pengereman dilakukan, besar arus yang mengalir pada waktu pengereman dinamis motor arus searah penguatan shunt dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$I_{a,rem} = \frac{E_r}{R_a + R_p} \dots\dots\dots (4)$$

Ketika sebuah motor yang sedang berputar dilepaskan dari suatu sumber, motor tersebut memiliki energi karena motor masih berputar. Besar energi listrik yang dibangkitkan tergantung pada kecepatan motor saat dilepaskan dari sumber penguatan. Karena fluksi sisa pada belitan medan dan putaran masih ada sehingga motor tersebut akan berfungsi sebagai generator. Motor akan membangkitkan tagangan induksi yang berbanding lurus dengan kecepatan.

**3. Metode Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Penelitian dilakukan pada bulan Januari – Februari 2014. Penelitian kasus dilakukan dengan melakukan pergeseran sikat sebesar  $-30^\circ$ ,  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+20^\circ$ ,  $+30^\circ$  pada motor arus searah shunt. Setelah pengujian, selanjutnya dilakukan analisis untuk menentukan arus, waktu dan torsi pada posisi sikat  $-30^\circ$ ,  $-20^\circ$ ,  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $+20^\circ$ ,  $+30^\circ$  pada motor arus searah penguatan shunt.

Adapun perhitungan arus, waktu dan torsi menggunakan persamaan sebagai berikut [7] :

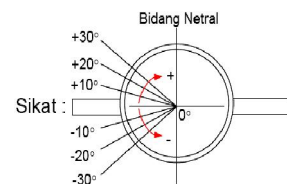
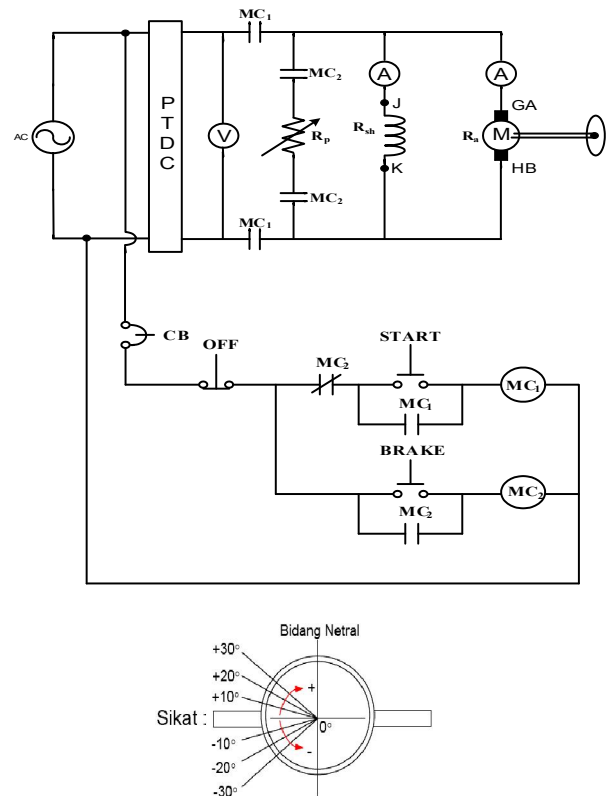
$$\bar{I}_{a,rem} = \frac{I_{a,rem1} + I_{a,rem2} + I_{a,rem3}}{3} \text{ (Ampere)}$$

$$\bar{t} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} \text{ (detik)}$$

$$\bar{\omega} = \frac{n(\text{rpm})}{60} \times 2\pi \text{ rad/sec}$$

$$T_{rem} = \frac{E_a \times I_{a,rem}}{\omega} \text{ N-m}$$

Rangkaian percobaan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian pengereman dinamis motor arus searah penguatan shunt

Adapun prosedur pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peralatan dirangkai seperti pada Gambar 3 dan posisi sikat pada  $0^\circ$ .
2. Atur tahanan pengereman  $R_p$  sebesar  $20 \Omega$  pada tahanan geser.
3. Tekan tombol START.
4. Atur tegangan suplai sampai motor mencapai putaran 1400 rpm, kemudian catat besar tegangan suplai  $V_t$ , arus medan  $I_f$ , dan arus jangkar  $I_a$  sebelum pengereman.
5. Tekan tombol BRAKE dan catat waktu pengereman mulai dari tombol BRAKE ditekan sampai putaran motor menjadi nol. Catat juga arus jangkar pada saat pengereman.
6. Saat putaran motor mencapai nol tekan tombol OFF.
7. Prosedur yang sama dilakukan untuk besar tahanan pengereman yang lain yakni  $30 \Omega$ ,  $40 \Omega$ ,  $50 \Omega$ , dan  $60 \Omega$ .

8. Matikan suplai tegangan lalu atur posisi sikat sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian ulangi langkah 2 sampai langkah 7 hingga diperoleh data tiap posisi sudut yang diinginkan.
9. Percobaan selesai.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Motor yang digunakan pada pengujian ini adalah motor arus searah AEG 1,2 KW dengan spesifikasi sebagai berikut:

$V = 220 \text{ Volt}$

$I_L = 7,1 \text{ A}$

$I_{sh} = 0,177 \text{ A}$

$N = 1400 \text{ rpm}$

Lap Winding

Jumlah Kutub = 2

Komutator = 81

Kelas Isolasi = B

Tahanan Medan Shunt (J-K) = 1,25 kΩ

Tahanan Jangkar (GA-HB) = 3,8 Ω

Dari pengujian yang dilakukan maka diperoleh data-data pada Tabel 1 sampai Tabel 6. Pada pengujian ini posisi sikat (+10°) tidak dilakukan pengujian karena pada posisi tersebut motor tidak berputar sampai pada kecepatan yang diinginkan 1400 rpm.

##### 1. Posisi Sikat -30°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 143 \text{ Volt}$        $I_a = 2,21 \text{ A}$

$I_f = 0,12 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 1. Data pengereman dinamis pada posisi sikat -30°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	T	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t
20	3,45	2,712	3,43	2,795	3,47	2,805
30	2,87	2,998	2,92	2,912	2,88	3,021
40	1,96	3,781	1,96	3,882	1,97	3,821
50	1,82	4,453	1,84	4,325	1,80	4,201
60	1,45	4,846	1,44	4,761	1,46	4,898

##### 2. Posisi Sikat -20°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 100 \text{ Volt}$        $I_a = 2,06 \text{ A}$

$I_f = 0,08 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 2. Data pengereman dinamis pada posisi sikat -20°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t
20	2,85	3,841	2,86	3,779	2,85	3,821
30	2,26	4,479	2,26	4,585	2,26	4,298
40	1,76	4,878	1,77	4,752	1,76	4,601
50	1,42	5,271	1,47	5,053	1,45	5,532
60	1,08	5,795	1,02	5,498	1,05	5,925

##### 3. Posisi Sikat -10°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 75 \text{ Volt}$        $I_a = 2,01 \text{ A}$

$I_f = 0,06 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 3. Data pengereman dinamis pada posisi sikat -10°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	T
20	2,37	6,980	2,35	6,883	2,31	6,715
30	1,49	7,398	1,47	7,431	1,49	7,271
40	1,18	8,906	1,18	8,548	1,16	9,218
50	1,02	10,239	1,05	10,382	1,00	10,112
60	0,88	11,317	0,87	11,537	0,88	11,263

##### 4. Posisi Sikat 0°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 62 \text{ Volt}$        $I_a = 2,12 \text{ A}$

$I_f = 0,05 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 4. Data pengereman dinamis pada posisi sikat 0°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	T
20	1,62	7,585	1,62	7,721	1,63	7,467
30	1,41	8,109	1,40	8,267	1,41	8,158
40	1,01	8,315	1,01	83,49	1,00	8,292
50	0,87	9,872	0,87	9,971	0,85	9,568
60	0,46	10,147	0,46	10,101	0,46	10,849

##### 5. Posisi sikat 20°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 60 \text{ Volt}$        $I_a = 8,56 \text{ A}$

$I_f = 0,05 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 5. Data pengereman dinamis pada posisi sikat 20°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t
20	1,53	9,914	1,52	9,856	1,52	9,937
30	1,15	10,152	1,15	10,538	1,17	10,361
40	0,97	10,531	0,94	10,469	0,96	10,667
50	0,74	11,076	0,75	11,189	0,74	10,982
60	0,62	12,257	0,62	12,519	0,60	11,992

##### 6. Posisi Sikat 30°

Data pada saat keadaan motor belum direm :

$V_t = 42 \text{ Volt}$        $I_a = 5,19 \text{ A}$

$I_f = 0,04 \text{ A}$        $n = 1400 \text{ rpm}$

Tabel 6. Data pengereman dinamis pada posisi sikat 30°

R <sub>p</sub>	Data 1		Data 2		Data 3	
	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t	I <sub>a,rem</sub>	t
20	1,01	15,162	1,01	14,982	1,03	15,241
30	0,78	15,283	0,79	15,389	0,78	15,441
40	0,63	15,508	0,64	15,447	0,64	15,639
50	0,49	16,143	0,48	16,274	0,48	15,973
60	0,45	16,762	0,45	16,771	0,45	16,439

Berdasarkan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian diatas diambil satu contoh data untuk dilakukan perhitungan untuk mendapatkan arus pengereman, waktu pengereman dan torsi pengereman.

Misalnya :

Posisi Sikat  $-30^0$

Dari data-data sebelum pengereman diperoleh :

$$I_L = I_f + I_a = 0,12 + 2,21 = 2,33A$$

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

$$E_a = 143 - (2,21 \times 3,8)$$

$$E_a = 134,602 \text{ Volt}$$

Dari hasil pengujian (Tabel 1) diambil nilai rata-ratanya :

Misal :

Data 1 pada Tabel 1 data pengereman dinamis pada posisi sikat  $-30^0$

$$\begin{aligned} \overline{I_{a,rem}} &= \frac{I_{a,rem1} + I_{a,rem2} + I_{a,rem3}}{3} \\ &= \frac{3,45 + 3,43 + 3,47}{3} \\ &= 3,45A \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{t} &= \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} \\ &= \frac{2,712 + 2,795 + 2,805}{3} \\ &= 2,770 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{\omega} &= \frac{n(\text{rpm})}{60} \times 2\pi \text{ rad/sec} \\ &= \frac{14400}{60} \times 2\pi \\ &= 146,533 \text{ rad/sec} \end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned} T_{rem} &= \frac{E_a \times I_{a,rem}}{\bar{\omega}} \\ &= \frac{134,602 \times 3,45}{146,533} = 3,16 \text{ N-m} \end{aligned}$$

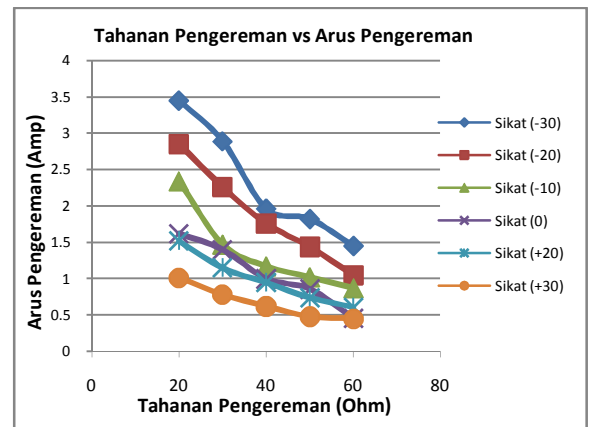
Cara perhitungan yang sama dilakukan untuk data yang lain sehingga didapatkan hasilnya seperti pada Tabel 7:

Tabel 7. Hasil perhitungan untuk masing-masing posisi sikat pengereman dinamis

Posisi Sikat	R <sub>p</sub> (Ohm)	I <sub>a,rem</sub> (Amp)	t(det)	T <sub>rem</sub> (N-m)
$-30^0$	20	3,45	2,770	3,16
	30	2,89	2,977	2,65
	40	1,96	3,828	1,80
	50	1,82	4,326	1,67
	60	1,45	4,835	1,33
$-20^0$	20	2,85	3,813	1,79
	30	2,26	4,454	1,42
	40	1,76	4,743	1,10
	50	1,44	5,285	0,90
	60	1,05	5,739	0,66

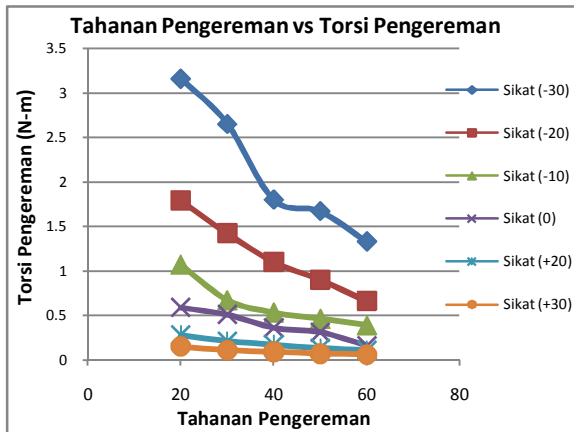
Posisi Sikat	R <sub>p</sub> (Ohm)	I <sub>a,rem</sub> (Amp)	t(det)	T <sub>rem</sub> (N-m)
$-10^0$	20	2,34	6,859	1,07
	30	1,47	7,366	0,67
	40	1,17	8,890	0,53
	50	1,02	10,244	0,46
	60	0,87	11,372	0,39
$0^0$	20	1,62	7,591	0,59
	30	1,40	8,178	0,51
	40	1,00	8,318	0,36
	50	0,86	9,803	0,31
	60	0,46	10,365	0,16
$+20^0$	20	1,52	9,902	0,28
	30	1,15	10,350	0,21
	40	0,95	10,555	0,17
	50	0,74	11,082	0,13
	60	0,61	12,256	0,11
$+30^0$	20	1,01	15,128	0,15
	30	0,78	15,371	0,11
	40	0,62	15,531	0,09
	50	0,48	16,130	0,07
	60	0,45	16,657	0,06

Dari Tabel 7 hasil perhitungan pengereman dinamis pada masing-masing posisi sikat didapat grafik sebagai berikut :



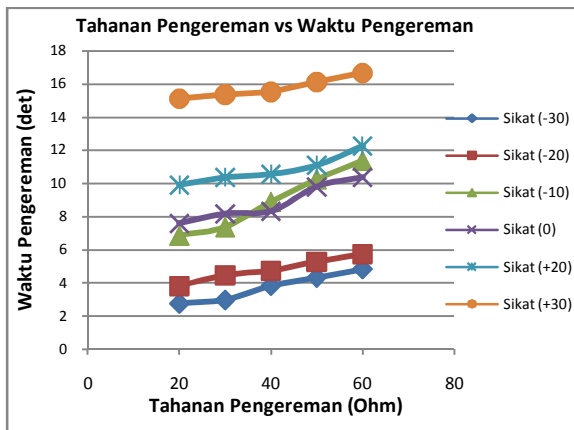
Gambar 4. Grafik tahanan pengereman terhadap arus pengereman

Dari grafik pada Gambar 4 dapat kita lihat bahwa tahanan pengereman berbanding terbalik dengan arus pengereman untuk masing - masing posisi sikat. Demikian juga halnya dengan grafik pada Gambar 5 tahanan pengereman berbanding terbalik dengan torsi pengereman. Semakin besar tahanan pengereman maka arus dan torsi pengereman semakin kecil.



Gambar 5. Grafik tahanan pengereman terhadap torsi pengereman

Grafik pada Gambar 6 menunjukkan bahwa tahanan pengereman berbanding lurus dengan waktu pengereman. Semakin besar tahanan pengereman maka waktu pengereman semakin besar, artinya dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk tahanan pengereman yang lebih besar.



Gambar 6. Grafik tahanan pengereman terhadap waktu pengereman

## 5. Kesimpulan

Dari pembahasan yang dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pengereman dinamis motor arus searah penguatan shunt, besar tahanan pengereman sebanding dengan lama waktu pengereman.
2. Semakin besar arus pengereman maka waktu pengereman akan semakin cepat.
3. Untuk besar tahanan yang sama pada pengereman dinamis motor arus searah penguatan shunt, waktu pengereman tercepat berada pada posisi sikat  $-30^{\circ}$  yaitu sebesar 2,770 detik.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] Wijaya, Mochtar, *Dasar-dasar Mesin Listrik*, Penerbit Djembatan, 2001.
- [2] Kadir Abdul., "Mesin Arus Searah", Djembatan, Jakarta, 1980.
- [3] Theraja B.L., "A Text Book of Electrical Technology", Nurja Construction & Development, New Delhi, 1980.
- [4] Mehta V.K dan Rohit., "Principles of Elektrical Mechines", S.Chand dan Company LTD, Ram Nagar New Delhi, 2002.
- [5] Siahaan, R. 2012. *Studi Pengaruh Perubahan Posisi Sikat Terhadap Efisiensi Motor DC Shunt*, (Skripsi). Fakultas Teknik, Univesitas Sumatera Utara.
- [6] Stephanus A. Ananda, dkk. 2003. "Studi Karakteristik Motor DC Penguat Luar Terhadap Posisi Sikat". *Jurnal Teknik Elektro. Vol 3. Nomor2*, <http://puslit.petra.ac.id>.
- [7] Deshpande M.V, "Electric Motors Applications And Control", A.H.Wheeler & C.O. Private Limited, Bombay, 1985.
- [8] Sitinjak, R.E. 2008. *Perbandingan Pengereman Motor DC Penguatan Seri Dengan Metode Dinamis dan Plugging*, (Skripsi). Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- [9] Purba, Richard N. 2010. *Analisa Perbandingan Pengaruh Tahanan Pengereman Dinamis Terhadap Waktu Antara Motor Arus Searah Penguatan Kompon Panjang Dengan Penguatan Kompon Pendek*. Medan: Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.