

## ANALISIS ARUS *START* DAN TORCA MOTOR DC *SHUNT* SAAT BERBEBAN

**Saprianto<sup>1</sup>, Atmam<sup>2</sup>, Hazra Yuvendius<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning  
Jl. Yos Sudarso km.8 Rumbai, Pekanbaru, Telp (0761) 52324

Email: [sapri.anto41@yahoo.com](mailto:sapri.anto41@yahoo.com)<sup>1</sup>

### ABSTRAK

Motor DC *shunt* merupakan salah satu mesin listrik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Pada motor DC *shunt* terdapat kumparan medan pada stator dan kumparan jangkar pada rotor. Kedua kumparan tersebut dihubungkan paralel dengan sumber tegangan. Pada kedua kumparan tersebut mengalir masing-masing arus medan dan arus jangkar. Pada tugas akhir ini penelitian dilakukan pada motor DC dengan penguatan terpisah diubah menjadi motor DC penguatan sendiri hubungan *shunt* dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik motor saat *starting* dan saat diberikan pembebanan. Metode pengaturan kecepatan yang digunakan adalah metoda pengaturan fluks (*flux control method*) yaitu dengan mengatur arus medan menggunakan *rheostat* tahanan medan. Pada percobaan tanpa beban dilakukan variasi tegangan 40 Volt – 100 Volt dengan tahanan medan maksimum 80,10 Ohm. Pada percobaan berbeban dilakukan pada tegangan nominal 100 Volt dengan mengkopel motor dengan generator yang diberi beban resistif. Setelah dilakukan penelitian didapatkan hasil efisiensi motor saat generator berbeban 500 Watt adalah sebesar 72,49 % dengan daya input 528 Watt dan torca jangkar 2,35 N.m pada putaran motor 1604 RPM.

**Kata Kunci :** Motor DC Shunt, Arus Start, Torca

### ABSTRACT

*The DC shunt motor is an electrical machine that functions to convert electrical energy into mechanical energy. In a DC shunt motor, there is a field coil on the stator and an anchor coil on the rotor. The two coils are connected parallel to the voltage source. On the two coils, respectively, the field current and armature current flow. In this final project, the research was carried out on a DC motor with a separate gain converted into a self-reinforcing DC motor, the shunt relationship with the aim of knowing the characteristics of the motor when starting and when it is loaded. The speed control method used is the flux control method, namely by adjusting the field current using a field resistance rheostat. In the no-load experiment, a voltage variation of 40 Volt - 100 Volt was carried out with a maximum field resistance of 80.10 Ohm. In the load experiment carried out at a nominal voltage of 100 volts by pairing the motor with a generator that is given a resistive load. After doing the research, the results of the motor efficiency when the generator is loaded with 500 Watt is 72.49% with an input power of 528 Watts and an anchor torque of 2.35 N.m at 1604 RPM.*

*Keywords :* DC Motor Shunt, Starting Current, Torque

### 1. PENDAHULUAN

Motor listrik merupakan hal yang telah cukup banyak diteliti [1]–[7]. Sementara jika ditinjau dari fungsinya, Motor DC merupakan mesin listrik yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor DC yang memiliki penguat sendiri (*self excited*) dan motor DC yang memiliki penguat terpisah (*separately excited*) [8]. Motor DC dengan penguatan sendiri terdiri dari tiga jenis yaitu motor DC seri, paralel (*shunt*) dan campuran (*compound*). Tujuan penelitian ini adalah mendisain dan menganalisa karakteristik arus *start*, torca dan kecepatan motor DC hubungan *shunt*. Manfaat penelitian ini adalah mengetahui karakteristik motor DC tipe GSOT P43C17CC1 diantaranya karakter arus *start* motor, torca dan kecepatan motor saat

berbeban serta mengetahui kondisi *existing* motor sehingga penggunaan motor dapat lebih tepat dan efisien.

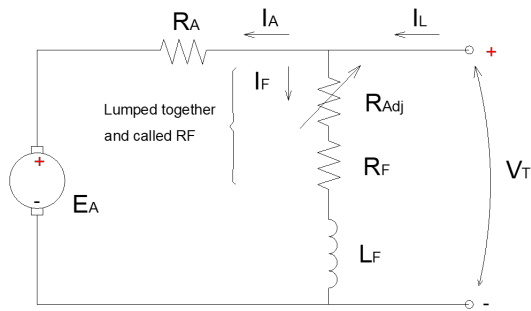
Motor DC *shunt* adalah motor DC yang termasuk ke dalam jenis motor DC dengan penguatan sendiri yaitu penguatan pada kumparan medannya diperoleh langsung dari terminal jangkarnya, motor DC *shunt* antara medan dan jangkarnya dihubungkan secara paralel. Motor DC *shunt* ini sendiri memiliki kelebihan yaitu pada saat motor dioperasikan pada kondisi *no load* sampai pada kondisi *full load* motor ini tidak mengalami perubahan kecepatan yang signifikan, dengan kata lain motor ini dapat dikatakan memiliki nilai putaran yang konstan. Terminal karakteristik sebuah mesin listrik adalah perbandingan parameter keluaran antara satu dengan yang lain [9]. Untuk motor parameter keluarannya adalah torca dan kecepatan poros. Bagaimana sebuah

motor shunt merespon beban. Misalnya beban pada poros motor *shunt* meningkat, torka beban akan melebihi torka induksi pada mesin dan motor akan mulai melambat. Jika putaran motor melambat maka tegangan  $E_a$  akan menurun sehingga arus jangkar akan meningkat, akhirnya torka induksi akan sama dengan torka beban pada kecepatan mekanis yang lebih rendah. Karakteristik keluaran sebuah motor DC *shunt* dapat diturunkan dengan persamaan tegangan induksi dan torka ditambah hukum tegangan Kirchoff yaitu [10]:

$$V_t = E_a + I_a \cdot R_a \tag{1}$$

Keterangan rumus :

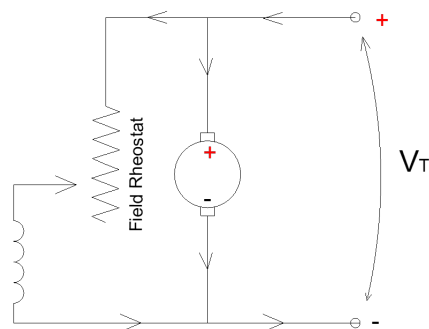
- $V_T$  = Tegangan Terminal (Volt)
- $E_a$  = Tegangan Jangkar (Volt)
- $I_a$  = Arus Jangkar (Ampere)
- $R_a$  = Tahanan Jangkar (Ohm)



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen motor DC *shunt*

**Pengaturan kecepatan motor DC *shunt* dengan metode pengaturan fluks**

Dengan menurunkan fluks maka kecepatan motor akan meningkat, sehingga disebut metoda pengontrolan fluks atau medan. Fluks sebuah motor DC dapat diubah dengan mengubah arus medan dengan bantuan sebuah rheostat kumparan medan. Disebabkan arus medan kecil, maka *rheostat* kumparan medan hanya dialiri arus yang relatif kecil. Sehingga rugi tembaga pun akan kecil. Metode ini cukup efisien.



Gambar 2. Metode pengaturan fluks

Kesimpulan yang dapat diambil dalam metode ini adalah [11]:

1. Meningkatkan tahanan medan  $R_f$  akan menyebabkan arus medan  $I_f$  menurun.
2. Menurunkan arus medan  $I_f$  akan mengakibatkan fluks menurun.
3. Menurunkan fluks akan memperkecil tegangan internal jangkar  $E_a$ .
4. Menurunkan tegangan internal jangkar  $E_a$  akan menaikkan arus jangkar  $I_a$ .
5. Menaikkan tegangan jangkar  $E_a$  akan memperbesar torka jangkar/induksi  $\tau_a$ .
6. Menaikkan torka jangkar/induksi  $\tau_a$  akan membuat torka jangkar/induksi lebih besar dari torka beban sehingga kecepatan  $n$  akan meningkat.

**Pengasutan (starting) Motor DC Shunt**

Agar motor berfungsi dengan baik saat bekerja harus diperhatikan beberapa hal khusus terkait peralatan kontrol dan proteksi. Tujuan diadakannya peralatan tersebut adalah :

- 1) Untuk melindungi motor dari kerusakan akibat hubung singkat pada peralatan.
- 2) Untuk melindungi motor dari kerusakan akibat overload.
- 3) Untuk melindungi motor dari kerusakan akibat arus start yang tinggi.
- 4) Untuk kenyamanan dalam kontrol kecepatan motor.

Untuk mengurangi tingginya arus starting digunakan tahanan mula yang dipasang seri dengan kumparan jangkar, dimana tahanan tersebut dibuat bertahap dapat berupa starting dua titik, tiga titik atau empat titik [12].

**Matlab**

Matlab merupakan suatu program komputer yang bisa membantu memecahkan berbagai masalah matematis yang kerap kita temui dalam bidang teknis. Kita bisa memanfaatkan kemampuan Matlab untuk menemukan solusi dari berbagai masalah numerik secara cepat, mulai hal yang paling dasar, hingga yang kompleks, seperti mencari akar-akar polinomial, interpolasi dari sejumlah data, perhitungan dengan matriks, pengolahan sinyal, dan metoda numerik. Salah satu aspek yang sangat berguna dari Matlab ialah kemampuannya untuk menggambarkan berbagai jenis grafik, sehingga kita bisa memvisualisasikan data dan fungsi yang kompleks. Untuk memvisualisasi data secara 2-dimensi ataupun 3-dimensi, kita menggunakan berbagai *command plotting*; di mana *command* yang paling dasar ialah *plot* [13].

**2. METODE PENELITIAN**

Pengambilan data penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Lancang Kuning pekanbaru pada bulan Oktober tahun 2020.

Objek penelitian ini adalah mesin DC tipe GSOT P43C17CC1. Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data yang menentukan keberhasilan penelitian dilakukan dengan cara observasi dan pengujian.
- b. Mempersiapkan peralatan utama dan peralatan pendukung.
- c. Memastikan bahwa motor dapat beroperasi dan putaran motor dapat diatur.
- d. Memastikan peralatan ukur memiliki akurasi yang baik.
- e. Pengambilan data meliputi tegangan, arus, tahanan, dan putaran motor.
- f. Tahap analisa data hasil pengujian secara matematis menggunakan persamaan sebagai berikut :

1. Torka jangkar,
 
$$\tau_a = 9,55 \frac{E_a \cdot I_a}{n} \text{ (N. m)} \quad (2)$$

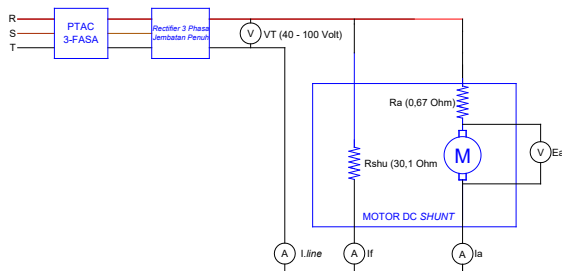
2. Putaran motor akibat pembebanan,
 
$$n_2 = \frac{E_{a2}}{E_{a1}} n_1 \text{ (RPM)} \quad (3)$$

3. Daya output
 
$$P_{out} = P_{in} - P_{cu} - P_{brush} \text{ (Watt)} \quad (4)$$

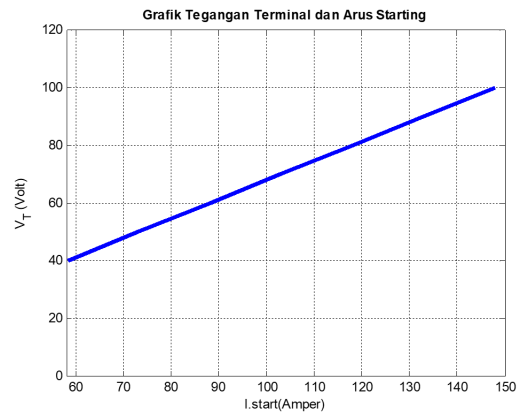
4. Daya output
 
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (5)$$

**Pengujian arus starting tanpa tahanan tambahan**

Ada berbagai mekanisme yang dilakukan untuk pengujian dari motor DC pada penelitian ini. Pada bagian awal, akan dilakukan pengujian arus start tanpa tahanan tambahan. Adapun rangkaian diagram pengawatannya adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 1. Sementara grafik dari arus startingnya sebagaimana terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Wiring diagram starting motor DC shunt tanpa tahanan tambahan

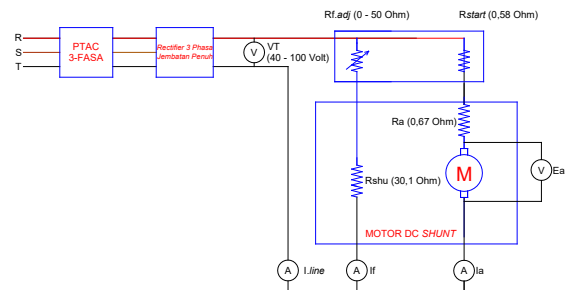


Gambar 2. Grafik arus starting tanpa tahanan tambahan

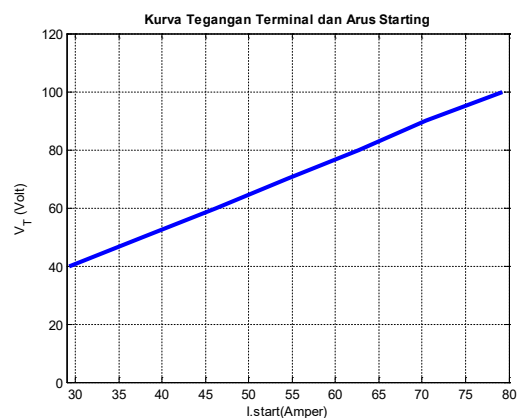
Dari grafik Gambar. 2 dapat dilihat bahwa arus start motor berbanding lurus dengan tegangan terminal, semakin besar tegangan terminal maka arus jangkar semakin besar sehingga arus puncak saat start juga semakin besar. Pada pengujian didapatkan arus start pada tegangan terminal 100 Volt adalah 148,04 Ampere dengan masa transien 0,24 detik.

**Pengujian arus starting dengan tahanan tambahan**

Pengujian kedua yang dilakukan adalah dengan adanya tahanan tambahan pada motor DC. Rangkaian pengawatannya adalah sebagaimana pada Gambar 3, dan Grafik arus startingnya terlihat pada Gambar 4.



Gambar 3. Wiring diagram starting motor DC shunt dengan tahanan tambahan

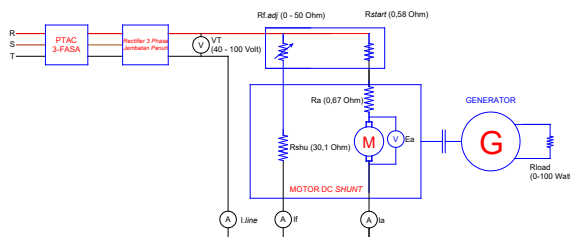


Gambar 4. Grafik arus starting dengan tahanan tambahan

Dari grafik Gambar. 4 dapat dilihat bahwa setelah dipasang tahanan mula sebesar 0,58 Ohm arus *start* dapat diturunkan dari 147,75 Ampere menjadi 79,18 Ampere pada tegangan terminal 100 Volt dengan masa transien 1,9 detik.

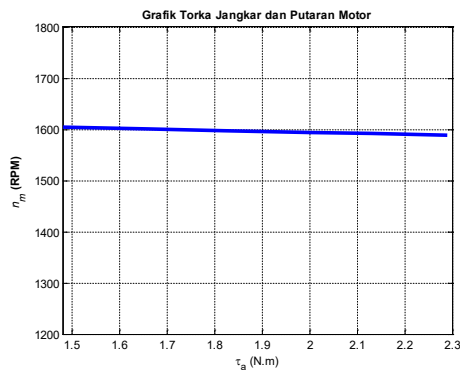
**Pengujian berbeban**

Pengujian selanjutnya dilakukan pada kondisi berbeban, dengan rangkaian pengawatan sebagaimana pada Gambar 5. Sementara Grafik torka dan kecepatan pengujian terlihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 5. *Wiring diagram* motor DC shunt pengujian berbeban

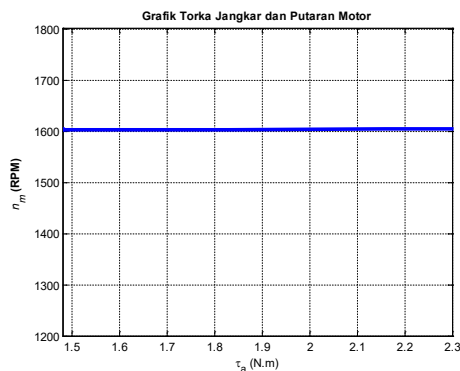
**1. Tanpa reaksi jangkar**



Gambar 6. Grafik torka dan kecepatan pengujian berbeban tanpa reaksi jangkar

Dari grafik Gambar 6 dapat dilihat bahwa akibat penurunan kecepatan akibat bertambahnya beban mengakibatkan torka jangkar meningkat.

**2. Dengan reaksi jangkar**



Gambar 7. Grafik torka dan kecepatan pengujian berbeban dengan reaksi jangkar

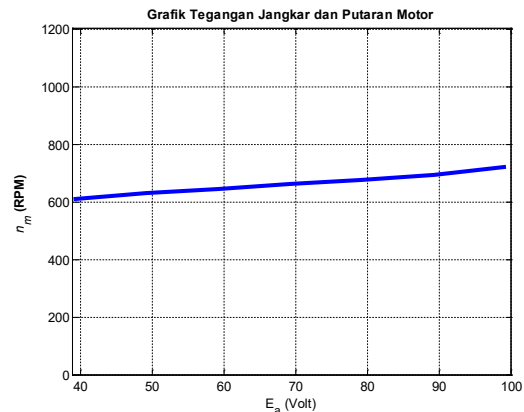
Dari grafik Gambar.7 dapat dilihat bahwa akibat pengaturan tahanan medan akan menimbulkan reaksi jangkar, sehingga dengan bertambahnya beban putaran motor tetap dapat dijaga konstan.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian arus *starting* tanpa tahanan tambahan, dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 8.

Tabel 1. Hasil perhitungan pengujian arus *starting* tanpa tahanan tambahan

$V_T$ (Volt)	$E_a$ (Volt)	$I_{line}$ (Ampere)	$T_a$ (N.m)	$n$ (RPM)	$\eta$ (%)
40	38,93	2,90	0,98	609	51,91
50	49,10	3,08	1,00	630	38,30
60	59,12	3,27	1,15	643	39,14
70	69,13	3,60	1,30	660	35,33
80	79,15	3,92	1,42	677	31,44
90	89,18	4,21	1,51	694	28,54
100	99,21	4,58	1,55	722	23,21



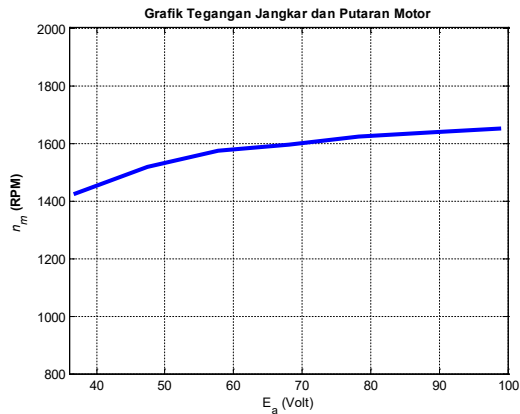
Gambar 8. Grafik tegangan jangkar dan putaran motor pengujian arus *starting* tanpa tahanan tambahan

Dari grafik Gambar 8 dapat dilihat bahwa dengan naiknya tegangan jangkar mengakibatkan putaran motor semakin besar.

Selanjutnya hasil pengujian arus *starting* dengan tahanan tambahan adalah sebagaimana terlihat pada Tabel 2 dan Gambar 9.

Tabel 2. Hasil perhitungan pengujian arus *starting* dengan tahanan tambahan

$V_T$ (Volt)	$E_a$ (Volt)	$I_{line}$ (Ampere)	$T_a$ (N.m)	$n$ (RPM)	$\eta$ (%)
40	36,73	5,30	1,20	1424	81,48
50	47,44	4,45	1,14	1519	77,88
60	57,75	4,15	1,18	1574	74,19
70	68,06	3,77	1,19	1595	74,18
80	78,29	3,56	1,17	1623	67,99
90	88,44	3,44	1,20	1636	65,44
100	99,02	2,73	0,84	1651	51,81



Gambar 9. Grafik tegangan jangkar dan putaran motor pengujian arus *starting* dengan tahanan tambahan

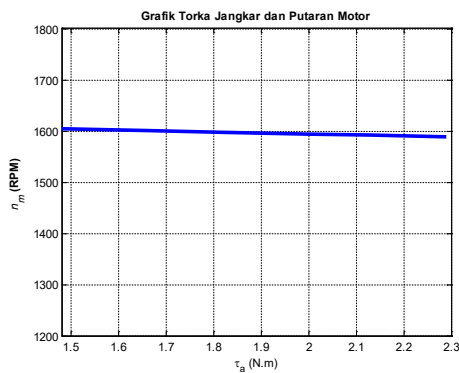
Dari grafik Gambar 9 dapat dilihat bahwa dengan naiknya tegangan jangkar dan menambah nilai tahanan pada kumparan medan mengakibatkan putaran motor lebih tinggi daripada tanpa tahanan tambahan pada kumparan medan.

**Hasil pengujian berbeban**

1. Tanpa reaksi jangkar

Tabel 3. Hasil perhitungan pengujian berbeban tanpa reaksi jangkar

$V_T$ (Volt)	$I_{line}$ (Ampere)	$T_a$ (N.m)	$n_2$ (RPM)	$\eta$ (%)	Beban R (Watt)
100	3,81	1,48	1604	63,96	0
100	4,12	1,66	1600	66,25	100
100	4,39	1,82	1597	67,96	200
100	4,70	2,00	1594	69,65	300
100	4,92	2,13	1592	70,71	400
100	5,20	2,29	1589	71,90	500



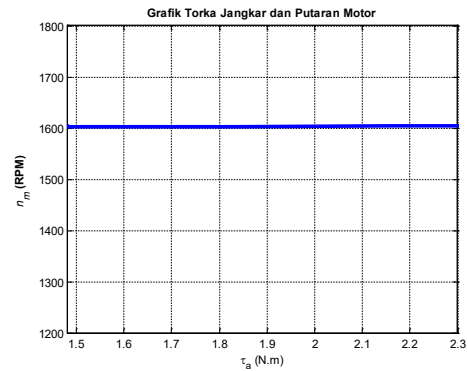
Gambar 10. Grafik torka jangkar dan putaran motor tanpa reaksi jangkar

Dari grafik Gambar 10 terlihat bahwa dengan tegangan dan tahanan tambahan yang tetap putaran motor menurun akibat adanya penambahan beban.

2. Dengan reaksi jangkar

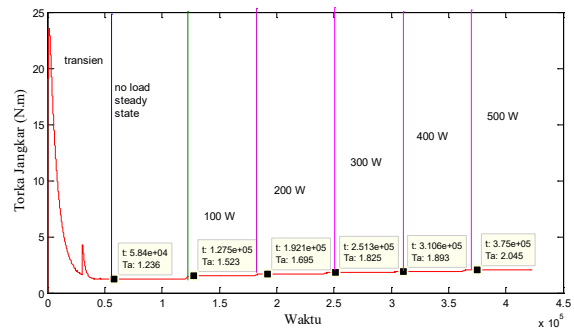
Tabel 4. Hasil perhitungan pengujian berbeban dengan reaksi jangkar

$V_T$ (Volt)	$I_{line}$ (Ampere)	$T_a$ (N.m)	$n_2$ (RPM)	$\eta$ (%)	Beban R (Watt)
100	3,81	1,48	1604	63,96	0
100	4,11	1,66	1606	66,22	100
100	4,31	1,78	1603	67,58	200
100	4,39	1,83	1602	68,12	300
100	4,96	2,16	1604	71,13	400
100	5,28	2,35	1604	72,49	500



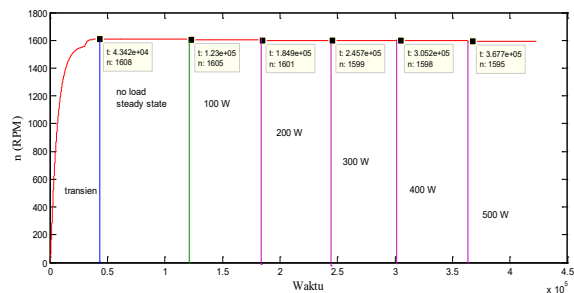
Gambar 11. Grafik torka jangkar dan putaran motor dengan reaksi jangkar

Dari grafik Gambar 11 terlihat bahwa dengan tegangan tetap dan pengaturan tahanan tambahan putaran motor tetap konstan dengan beban yang berubah.



Gambar 12. Grafik torka saat perubahan beban

Dari grafik Gambar 12 dapat dilihat torka jangkar mengalami kenaikan akibat bertambahnya beban.



Gambar 13. Grafik kecepatan saat perubahan beban

Dari grafik Gambar 13 dapat dilihat tanpa reaksi jangkar kecepatan motor menurun akibat bertambahnya beban.

#### 4. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan mengenai karakteristik arus *start* dan torka motor DC *shunt* saat berbeban yang dilakukan pada motor DC penguatan terpisah tipe GSOT P43C17CC1 menjadi motor DC hubungan *shunt* maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Karakteristik arus *starting* sangat dipengaruhi oleh kumparan jangkar dalam hal ini adalah nilai tegangan terminal dan nilai arus yang dipengaruhi oleh nilai tahanan jangkar. Pada saat pengujian, arus *start* yang dibutuhkan motor tanpa menggunakan tahanan mula adalah 147,75 Ampere dengan masa transien 0,24 detik, dengan menambahkan tahanan mula sebesar 0,58 Ohm arus *start* dapat diturunkan menjadi 79,18 Ampere dengan masa transien 1,9 detik.
- 2) Pada pengujian berbeban tanpa reaksi jangkar, semakin besar beban yang diberikan maka putaran motor akan menurun dan torka poros akan meningkat yaitu dengan beban resistif 500 Watt putaran motor awalnya 1600 RPM turun menjadi 1589 RPM dengan torka jangkar 2,29 N.m. Dengan adanya reaksi jangkar dengan mengatur tahanan medan pada beban resistif 500 Watt putaran motor dijaga konstan pada 1600 RPM dan akibat meningkatnya arus jangkar maka torka jangkar meningkat menjadi 2,35 N.m.
- 3) Pada saat motor berbeban dengan arus *line* 5,28 Ampere, torka yang timbul sebesar 2,35 N.m motor membutuhkan daya *input* sebesar 528 Watt, akibat rugi tembaga dan rugi sikat sebesar 145,23 Watt daya *output* motor menjadi 382,77 Watt sehingga efisiensi motor menjadi 72,49 %.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erisman, H. Eteruddin, and A. Atmam, "Evaluasi Kinerja Motor Ship Moving 3 Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Pada PLTU Tenayan Raya Pekanbaru," in *Seminar Nasional Cendekiawan ke 4*, 2018, pp. 237–242.
- [2] R. A. Sinaga, H. Eteruddin, and A. Tanjung, "Pengaruh Kapasitor Terhadap Faktor Daya Motor Induksi Tiga Fasa di PT. Malindo Karya Lestari," *Jurnal Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 85–93, 2021.
- [3] S. Nuari, A. Atmam, and E. Zondra, "Analisis Starting Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC)," *SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 60–67, 2018.
- [4] E. Zondra, A. Atmam, and H. Yuwendius, "Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Satu Fasa Akibat Perubahan Besaran Kapasitor," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 40–47, 2020.
- [5] Atmam, E. Zondra, and H. Yuwendius, "Konsumsi Energi Listrik Terhadap Perubahan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa," *SainETIn*, vol. 4, no. 1, pp. 9–18, 2019.
- [6] M. Al, A. Atmam, and E. Zondra, "Analisis Harmonisa Menggunakan Filter Pasif Pada VSD Dengan Beban Motor Electrical Submersible Pump Di PT. CPI," *Jurnal Teknik*, vol. 15, no. 1, pp. 9–17, 2021.
- [7] E. Zondra, A. Tanjung, and A. Arlenny, "Pengaruh Tegangan Sumber Dan Beban Terhadap Tingkat Harmonisa Pada Motor Induksi Tiga Fasa," *SainETIn*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2016.
- [8] S. Salivahanan, R. Rengaraj, and G. R. Venkatakrisnan, *Basic Electrical and Electronics Engineering for JNTU*. New Delhi: McGraw-Hill Education, 2020.
- [9] S. J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Companies, 2005.
- [10] B. L. Theraja and A. K. Theraja, *A Textbook of Electrical Technology*. S.Chand, 2005.
- [11] Zuhul, "Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya." p. 264, 1988.
- [12] M. Wijaya, *Dasar-Dasar Mesin Listrik*. Jakarta: Penerbit Djambatan, 2001.
- [13] T. Widiarsono, *Tutorial Praktis Belajar Matlab*. 2005.