

Pemodelan Karakteristik Motor DC Shunt, Motor DC Seri, dan Motor DC Kompon Menggunakan Matlab Simulink sebagai Media Pembelajaran Modul Praktikum Mesin-mesin Listrik

Anton Firmansyah, Yessi Marniati*

Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

E-mail: bulekpadaang@yahoo.co.id

ABSTRACT

Subject experimental module electrical machinery is helping students in the practical implementation, where the module is made in accordance with the syllabus and SAP so that the goal of practical subjects electrical machinery achieved and in accordance with the meetings that have been made. In lab module is made with the use of software Matlab Simulink in delivering learning, especially regarding the electrical machinery is helping students understand this lesson, to make modeling practical electric machines students can learn in advance the material that will be practiced to make the modeling will be practiced, enter the data and record the value of the existing parameters of the simulation modeling results. Advantages melakukan matlab simulation with Simulink ie when an error occurs in loading the motor can know its characteristics without damaging the equipment, so modeling Direct Current Motor more easily analyzed. With Matlab Simulink can be seen that the DC motor has a starting current is constant, ie the DC Shunt Motor starting current 92.99 A, 1.7 A Series DC motor and DC motor 92.99 Compound A.

Keywords: *matlab simulink, motor DC shunt, motor DC seri, motor DC kompon, experimental module electrical machinery*

ABSTRAK

Modul praktikum matakuliah mesin-mesin listrik sangat membantu mahasiswa dalam pelaksanaan praktikum, dimana modul tersebut dibuat sesuai dengan silabus dan SAP sehingga tujuan dari praktikum matakuliah mesin-mesin listrik tercapai dan sesuai dengan pertemuan yang telah dibuat. Dalam modul praktikum ini dibuat dengan Penggunaan software matlab Simulink dalam menyampaikan pembelajaran terutama mengenai mesin-mesin listrik sangat membantu mahasiswa memahami dalam pembelajaran tersebut, dengan membuat pemodelan praktikum mesin-mesin listrik mahasiswa dapat mempelajari dahulu materi yang akan dipraktekkan dengan membuat pemodelan yang akan dipraktekkan, menginput data serta mencatat nilai parameter yang ada dari hasil pemodelan simulasi. Keuntungan melakukan simulasi dengan matlab simulink yaitu ketika terjadi kesalahan dalam pembebanan motor dapat mengetahui karakteristiknya tanpa merusak peralatan, sehingga pemodelan Motor Arus Searah lebih mudah dianalisa. Dengan Matlab Simulink dapat diketahui bahwa Motor DC mempunyai arus start yang konstan, yaitu pada Motor DC Shunt arus start 92,99 A, Motor DC Seri 1,7 A dan Motor DC Kompon 92,99 A.

Kata kunci: *matlab simulink, motor DC shunt, motor DC seri, motor DC kompon, modul praktikum mesin-mesin listrik*

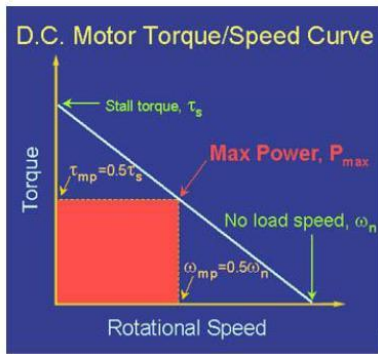
1. PENDAHULUAN

Salah satu matakuliah pada jurusan teknik listrik adalah praktikum mesin-mesin listrik, dimana pada matakuliah ini mahasiswa mempraktekkan dan membuktikan teori mesin listrik pada laboratorium listrik Politeknik Negeri Sriwijaya. Salah satu kendala laboratorium teknik listrik adalah keterbatasan peralatan yang dimiliki bila dibandingkan dengan mahasiswa yang melakukan praktikum. Sebelum praktikum dimulai, dosen harus menjelaskan kembali tentang teori motor listrik, baik arus searah maupun arus bolak-balik, kemudian menjelaskan rangkaian percobaan yang akan dilakukan, hal ini berakibat lamanya waktu yang dibutuhkan untuk satu percobaan, terkadang jumlah percobaan yang harus dilakukan tidak mencapai target yang diharapkan. Ada beberapa percobaan yang tidak dapat dilaksanakan karena

kendala waktu dan peralatan yang tidak memadai lagi.

Dalam kesempatan ini penulis bersama dengan mahasiswa ingin melakukan suatu penelitian dengan membuat pemodelan praktikum mesin-mesin listrik untuk mempermudah dosen pengajar untuk menyampaikan pengantar sebelum praktikum dan mahasiswa dapat mempelajari dahulu materi yang akan dipraktekkan dengan membuat pemodelan yang akan dipraktekkan, menginput data serta mencatat nilai parameter yang ada dari hasil pemodelan simulasi, diharapkan dengan adanya pemodelan ini semua materi percobaan praktikum mesin-mesin listrik akan mencapai target pembelajaran 100%.

Untuk mewujudkan hal ini, diperlukan sinergi antara dosen dan mahasiswa dalam membuat dan menyusun proposal yang berjudul “Pemodelan Karakteristik Motor DC Shunt, Motor DC Seri dan



Gambar 1 Grafik karakteristik motor DC

Motor DC Kompon Menggunakan Matlab Simulink Sebagai Media Pembelajaran Modul Praktikum Mesin- Mesin Listrik”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Motor DC

Karakteristik yang dimiliki suatu motor dc dapat digambarkan melalui kurva daya dan kurva torsi/kecepatannya seperti terlihat pada gambar 1. Dari kurva tersebut dapat dianalisa batasan-batasan kerja dari motor serta daerah kerja optimum dari motor tersebut. Dari grafik terlihat hubungan antara torsi dan kecepatan untuk suatu motor dc tertentu. Dari grafik terlihat bahwa torsi berbanding terbalik dengan kecepatan putaran, dengan kata lain terdapat *trade off* antara besar torsi yang dihasilkan motor dengan kecepatan putaran motor. Dua karakteristik penting terlihat dari grafik yaitu:

- *Stall torque*, menunjukkan titik pada grafik dimana torsi maksimum, tetapi tidak ada putaran pada motor
- *No load speed*, menunjukkan titik pada grafik dimana terjadi kecepatan putaran maksimum, tetapi tidak ada beban pada motor

Analisa terhadap grafik dilakukan dengan menghubungkan kedua titik tersebut dengan sebuah garis, dimana persamaan garis tersebut dapat ditulis didalam fungsi torsi atau kecepatan sudut

$$\tau_{\text{motor}} = \tau_s - \frac{\omega \tau_s}{\omega_n}$$

$$\omega_{\text{motor}} = (\tau_s - \tau) \frac{\omega_n}{\tau_s}$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (torsi dan kecepatan) kedalam persamaan (daya) diperoleh:

$$P_{\text{motor}}(\omega) = -(\tau_s / \omega_n) \omega^2 + \tau_s \omega$$

$$P_{\text{motor}}(\tau) = -(\omega_n / \tau_s) \tau^2 + \omega_n \tau$$

Dari kedua persamaan tersebut dapat dilihat bahwa daya output maksimum terjadi saat dan dari

persamaan (daya) terlihat bahwa daya merupakan perkalian antara torsi dan kecepatan sudut, dimana didalam grafik ditunjukkan oleh luas daerah segi empat dibawah kurva torsi/kecepatan.

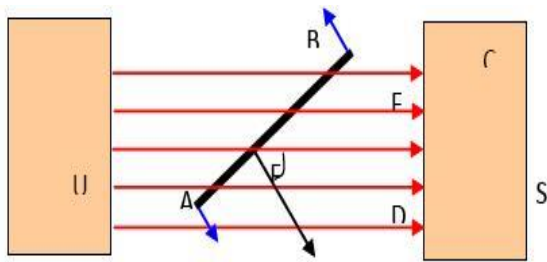
2.2 Prinsip Kerja Motor DC

Motor dc terdapat dalam berbagai ukuran dan kekuatan, masing- masing didesain untuk keperluan yang berbeda-beda namun secara umum memiliki berfungsi dasar yang sama yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi mekanik. Sebuah motor dc sederhana dibangun dengan menempatkan kawat yang dialiri arus di dalam medan magnet kawat yang membentuk loop ditempatkan sedemikian rupa diantara dua buah magnet permanen. Bila arus mengalir pada kawat, arus akan menghasilkan medan magnet sendiri yang arahnya berubah-ubah terhadap arah medan magnet permanen sehingga menimbulkan putaran.

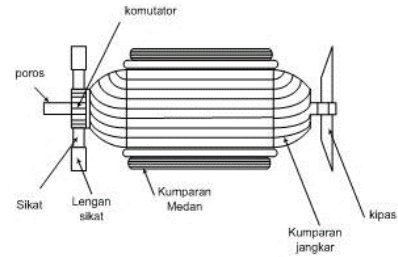
Pada gambar 2 terlihat bahwa sebuah loop ABCD berada dalam satu medan magnet. Jika arah flux magnet B berasal dari kutub U ke kutub S dari magnet permanen dan pada loop dialiri arus listrik dengan arah ABCD maka pada sisi AB akan terjadi gaya F1 yang mengarah kebawah, dan pada sisi CD juga terjadi gaya F2 yang mengarah keatas sesuai dengan aturan tangan kanan. Gaya F1 dan F2 tersebut menyebabkan loop berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Proses tersebut terjadi terus-menerus dan merupakan dasar dari pembentukan sebuah motor. Gambar 3 menunjukkan torsi pada loop torsi yang dihasilkan oleh gaya F1 dan F2 sehingga menyebabkan loop berputar dapat dihitung dengan persamaan berikut.

2.3 Bagian-bagian Mesin Arus Searah

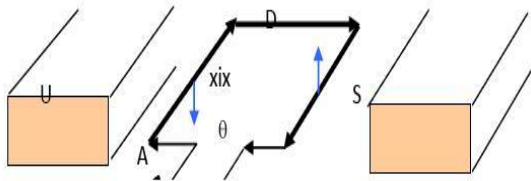
Bagian-bagian penting pada suatu mesin arus searah dilukiskan pada gambar 4. statornya memiliki kutub tonjol dan dikelilingi oleh satu atau lebih kumparan medan. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kumparan medan terbuat dari kawat tembaga yang dililitkan sedemikian rupa dengan ukuran tertentu pada sebuah inti yang terbuat dari lembaran besi tuang atau baja tuang. Sedangkan kumparan jangkar (rotor) berbentuk seperti permata yang normalnya bentangan kumparan adalah 180° listrik, yang berarti ketika sisi kumparan berada di tengah suatu kutub, sisi lain berada di tengah kutub yang berbeda polaritasnya. Kumparan yang membentang 180° listrik memiliki tegangan yang sama antar sisi-sisinya dan berlawanan arah setiap waktu. Komutator terbuat dari batang tembaga yang dikeraskan, yang diisolasi dengan bahan sejenis mika. Fungsi dari komutator ini adalah mengumpulkan arus listrik induksi dari konduktor jangkar dan mengkonversikannya menjadi arus



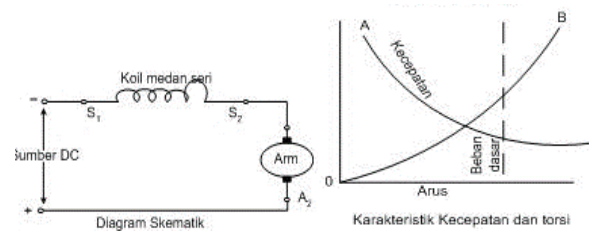
Gambar 2 Sebuah motor DC sederhana



Gambar 4 Konstruksi motor DC



Gambar 3 Arah flux magnet



Gambar 5 Motor DC seri

searah melalui sikat. Sedangkan sikat terbuat dari karbon, grafit, lagam grafit atau campuran karbon grafit yang dilengkapi dengan pegas penekan dan kotak sikatnya.

2.4 Jenis Mesin Arus Searah

Motor DC menggunakan energi listrik dan energi magnet untuk menghasilkan energi mekanis. Operasi motor tergantung pada interaksi dua magnet. Secara umum dikatakan motor listrik bekerja dengan prinsip bahwa dua medan magnet dapat dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan.

1) Motor DC Seri

Motor DC jenis seri seperti ditunjukkan pada gambar 5 terdiri dari medan seri yang terbuat dari sedikit lilitan kawat besar dan dihubungkan seri dengan jangkar. Jenis motor DC ini mempunyai karakteristik torsi start dan kecepatan variable yang tinggi. Ini berarti bahwa motor dapat start atau menggerakkan beban yang sangat berat, tetapi kecepatan akan bertambah kalau beban turun.

Motor DC seri dapat membangkitkan torsi starting yang besar karena arus yang melewati jangkar juga melewati medan. Jadi, jika jangkar memerlukan arus lebih banyak, arus ini juga melewati medan, menambah kekuatan medan. Oleh karena itu, motor DC seri berputar cepat dengan beban ringan dan berputar lambat saat beban ditambahkan.

2) Motor DC Shunt

Pada motor *shunt* seperti ditunjukkan pada gambar 6, kumparan medan *shunt* dibuat dengan banyak lilitan kawat kecil sehingga mempunyai tahanan yang tinggi. Motor *shunt* mempunyai rangkaian jangkar dan medan yang dihubungkan

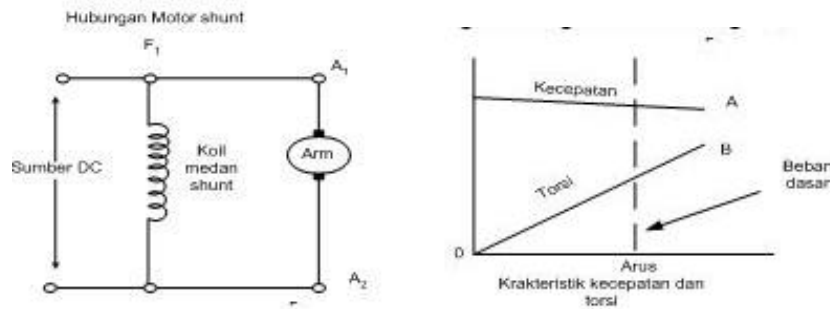
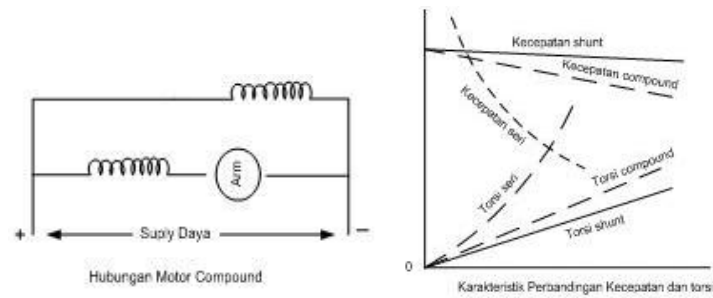
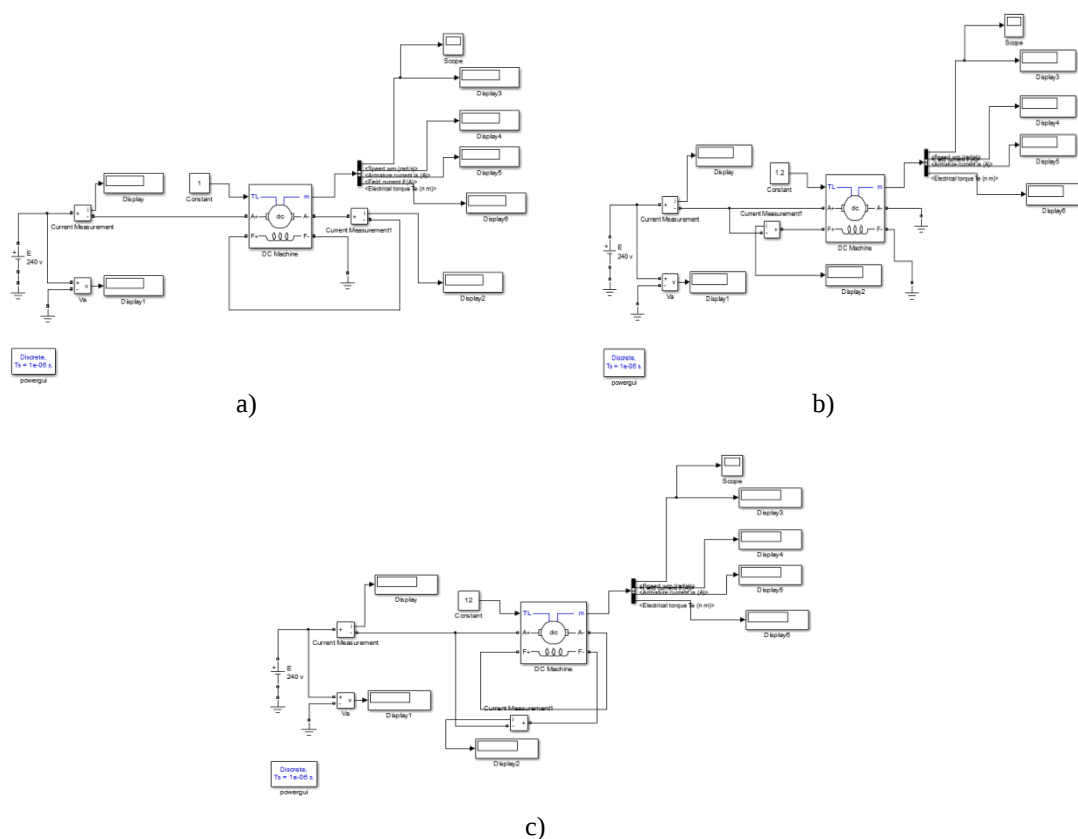
paralel sehingga memberikan kekuatan medan dan kecepatan motor yang sangat konstan. Kecepatan motor dapat dikontrol di atas kecepatan dasar, dan akan menjadi berbanding terbalik dengan arus medan. Ini berarti motor *shunt* berputar cepat dengan arus medan rendah dan berputar lambat pada saat arus medan ditambah. Motor *shunt* dapat melaju pada kecepatan tinggi jika arus kumparan medan hilang

3) Motor DC Compound

Motor jenis ini menggunakan lilitan seri dan lilitan shunt, yang umumnya di gabung sehingga medan-medannya bertambah secara kumulatif seperti terlihat pada gambar 7. Hubungan dua lilitan ini menghasilkan karakteristik pada motor medan *shunt* dan motor medan seri. Kecepatan motor tersebut bervariasi lebih sedikit dibandingkan motor *shunt*, tetapi tidak sebanyak motor seri. Motor DC jenis *compound* juga mempunyai torsi *starting* yang agak besar – jauh lebih besar dari pada motor jenis *shunt*, tapi lebih kecil dibandingkan jenis seri. Keistimewaan gabungan ini membuat motor *compound* memberikan variasi penggunaan yang luas.

4) Generator DC

Saat ini, generetor arus searah sudah tidak banyak dipakai lagi seperti dulu, sebab arus searah telah dapat dihasilkan oleh dioda penyearah *solid-state*. Dulu pabrik industri kadang-kadang menggunakan perangkat motor generator untuk mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah. Pada aplikasi ini motor AC digunakan untuk menggerakkan generator DC. Arus bolak-balik yang diberikan pada motor dan tegangan DC diperoleh dari generator.

Gambar 6 Motor DC *shunt*Gambar 7 Motor DC *compound*Gambar 8 Rangkaian simulasi motor DC, a) seri; b) *shunt*; c) *compound*

3. SIMULASI DAN PEMODELAN

Penelitian dan pengambilan data dilaksanakan dilaboraturium teknik listrik Politeknik Negeri Sriwijaya, dengan menggunakan peralatan dan bahan yang ada pada laboratorium tersebut dan

kemudian membuat simulasinya.

Dalam melakukan analisis karakteristik motor DC 1.1 kW yang terdapat pada Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya, selain dilakukan pengukuran, juga disimulasikan menggunakan

program simulasi matlab simulink untuk mempermudah mengamati perubahan karakteristik dari motor induksi seperti ditunjukkan pada gambar 8.

Pada penelitian ini motor yang dijadikan subjek penelitian adalah motor DC, untuk data-data tersebut diambil dari data *name plate* yang tertera pada motor induksi dan juga melakukan beberapa pengujian pada sebuah motor induksi tiga fasa. Dari *name plate* dan pengujian pada motor DC tersebut diperoleh data-data motor sebagai berikut:

- Type : SE2662-5D VDE 0530
- Daya (P) : 1 kW
- Tegangan (Δ/Y) : 220 VDC
- Arus : 5,7/6,2/5,7 A
- Kecepatan putaran (n): 2440/1650/1870 rpm

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Motor DC Shunt

Dari praktikum motor DC *shunt* dengan rangkaian konvensional yang dilaksanakan di laboratorium Teknik Listrik, serta simulasi menggunakan MATLAB diperoleh data seperti ditunjukkan pada table 1.

Pada motor *shunt*, rangkaian kumparan medan terhubung paralel dengan kumparan rotor. Motor DC *shunt* mempunyai karakteristik regulasi tegangan yang baik. Kumparan medan dapat disuplai dari sumber tegangan sendiri maupun disambungkan dengan kumparan jangkar. Keuntungannya adalah memungkinkan dikendalikannya kumparan medan dan kumparan jangkar secara independen.

Pada gambar 9 terlihat bahwa dengan penambahan beban, sehingga input akan menyebabkan perlambatan putaran motor namun tidak terlalu besar. Sehingga penambahan beban tidak berpengaruh terlalu besar terhadap putaran motor.

Kelebihan dari Motor DC jenis ini yaitu tidak terlalu membutuhkan banyak ruangan karena diameter kawat kecil dan pada percobaan matlab simulink diketahui bahwa Motor DC Shunt memiliki arus start yang besar yaitu 92,99 A. Sedangkan kelemahannya yaitu daya keluaran yang dihasilkan

oleh motor menjadi kecil karena arus penguatnya kecil.

- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 0 n.m. Pada gambar 10a. Terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 2068 rpm. Pada gambar 10b terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1,7 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 0,2 n.m seperti gambar 10c terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 2062 rpm. Pada gambar 10d terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 1,945 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 0,4 n.m pada gambar 10e terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 2057 rpm. Pada gambar 10f terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 2,19 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 0,6 n.m seperti gambar 10g terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 2022 rpm. Pada gambar 10h terlihat gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,334 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 0,8 n.m pada gambar 10i terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1988 rpm. Pada gambar 10j terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,678 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 1 n.m pada gambar 10k terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1954 rpm. Pada gambar 10l terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,923 A.
- Karakteristik motor DC *shunt* Torsi 1,2 n.m seperti gambar 10m terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1920 n.m. Pada gambar 10n terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 3,167 A.

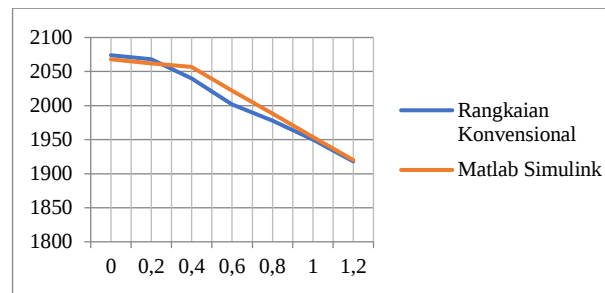
Tabel 1 Data pengukuran motor DC *shunt*

a) Rangkaian konvensional

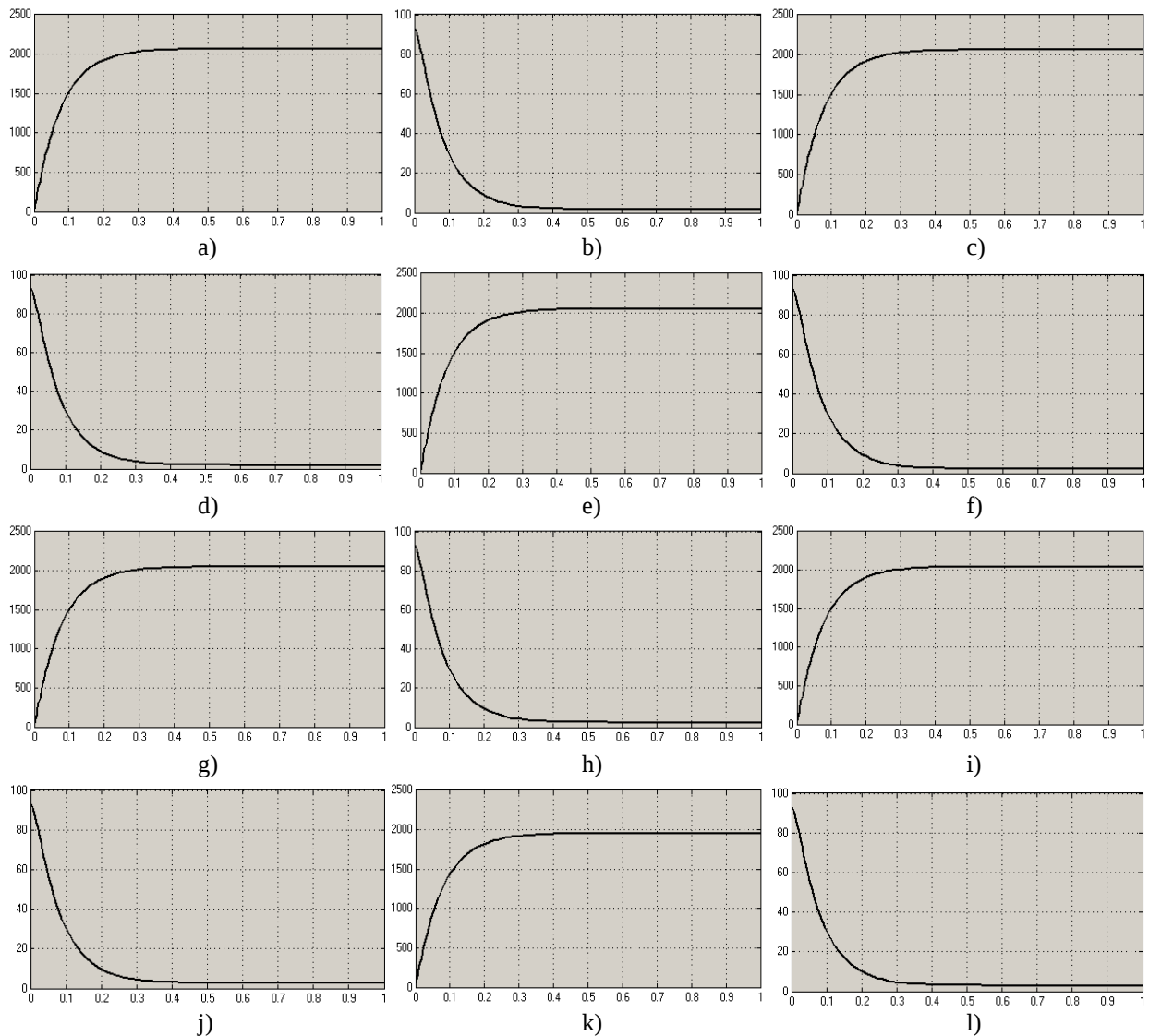
No	Vs (V)	Torsi (n.m)	N (rpm)	Ia (A)	Ishunt (A)	Va (V)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	240,2	0	2074	1,02	0,81	228,4	245,004	164,7	67
2	254,7	0,2	2068	1,03	0,72	224,5	262,341	154,2	58,8
3	251,7	0,4	2040	1,05	0,7	222,5	264,285	145,6	55
4	249,1	0,6	2002	1,07	0,68	220,9	266,537	140,3	52,6
5	246,5	0,8	1978	1,96	0,66	219,1	483,14	135,7	28
6	243,8	1	1950	2,12	0,65	219,1	516,856	130,6	25,3
7	241,7	1,2	1918	2,27	0,64	214,6	548,659	126,7	23

b) Simulasi MATLAB

No	Vs (V)	Torsi (n.m)	N (rpm)	Ia (A)	Ishunt (A)	Va (V)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	240	0	2068	1,7	0,8532	240	408	204,1	50,02
2	240	0,2	2062	1,945	0,8532	240	466,8	233,4	50
3	240	0,4	2057	2,19	0,8532	240	525,6	262,8	50
4	240	0,6	2022	2,434	0,8532	240	584,16	292,1	50
5	240	0,8	1988	2,678	0,8532	240	642,72	321,4	50
6	240	1	1954	2,923	0,8532	240	701,52	350,7	49,99
7	240	1,2	1920	3,167	0,8532	240	760,08	380	49,99

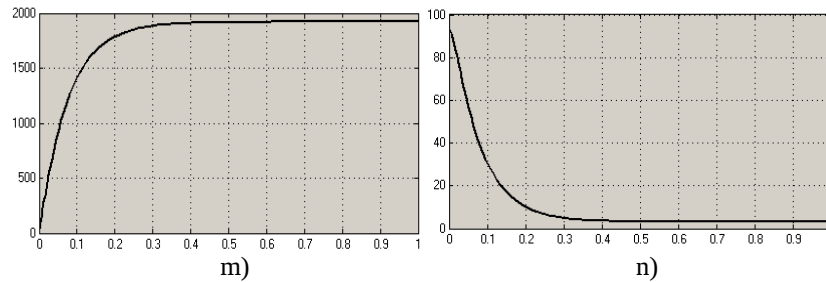


Gambar 9 Karakteristik putaran terhadap beban motor DC *shunt* pada percobaan rangkaian konvensional

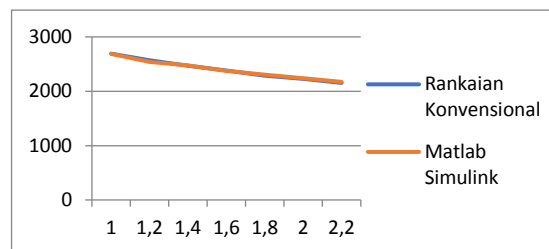


Gambar 10 Grafik karakteristik motor DC *shunt*

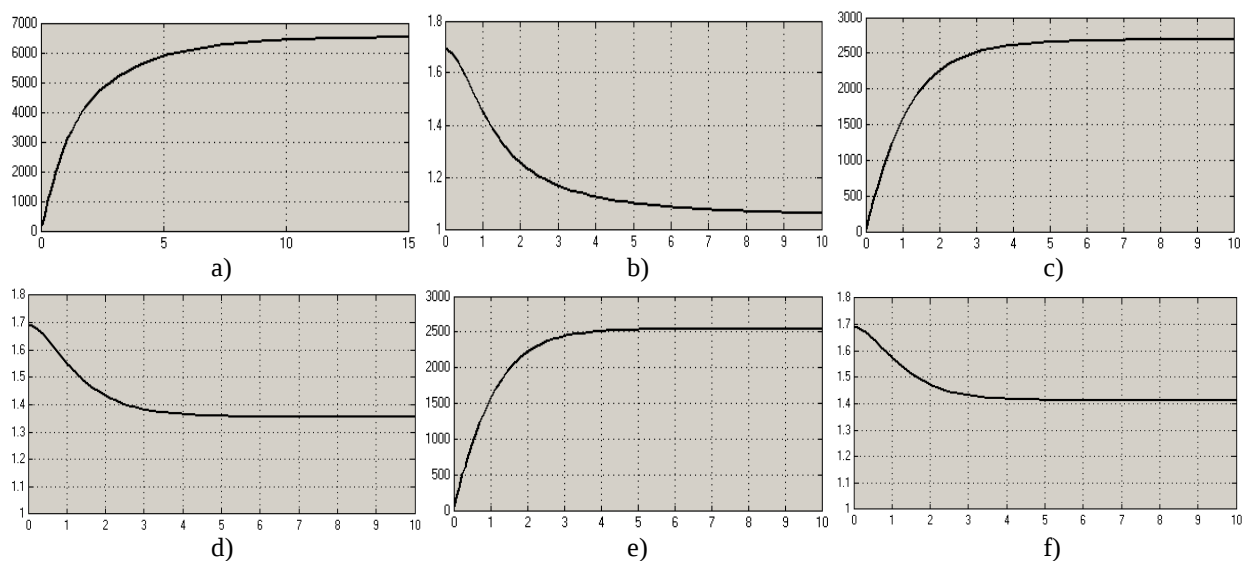
- a) Karakteristik putaran pada torsi 0 n.m.
- b) Karakteristik arus star pada torsi 0 n.m.
- c) Karakteristik putaran pada torsi 0,2 n.m.
- d) Karakteristik arus star pada torsi 0,2 n.m.
- e) Karakteristik putaran pada torsi 0,4 n.m.
- f) Karakteristik arus star pada torsi 0,4 n.m.
- g) Karakteristik putaran pada torsi 0,6 n.m.
- h) Karakteristik arus star pada torsi 0,6 n.m.
- i) Karakteristik putaran pada torsi 0,8 n.m.
- j) Karakteristik arus star pada torsi 0,8 n.m.
- k) Karakteristik putaran pada torsi 1 n.m.
- l) Karakteristik arus star pada torsi 1 n.m.



Gambar 10 Grafik karakteristik motor DC *shunt* (lanjutan)
 m) Karakteristik putaran pada torsi 1,2 n.m.
 n) Karakteristik arus star pada torsi 1,2 n.m.



Gambar 11 Karakteristik putaran terhadap beban motor DC seri pada percobaan rangkaian konvensional dengan MATLAB Simulink



Gambar 12 Grafik karakteristik motor DC seri
 a) Karakteristik putaran pada torsi 0 n.m.
 b) Karakteristik arus star pada torsi 0 n.m.
 c) Karakteristik putaran pada torsi 1 n.m.
 d) Karakteristik arus star pada torsi 1 n.m.
 e) Karakteristik putaran pada torsi 1,2 n.m.
 f) Karakteristik arus star pada torsi 1,2 n.m.

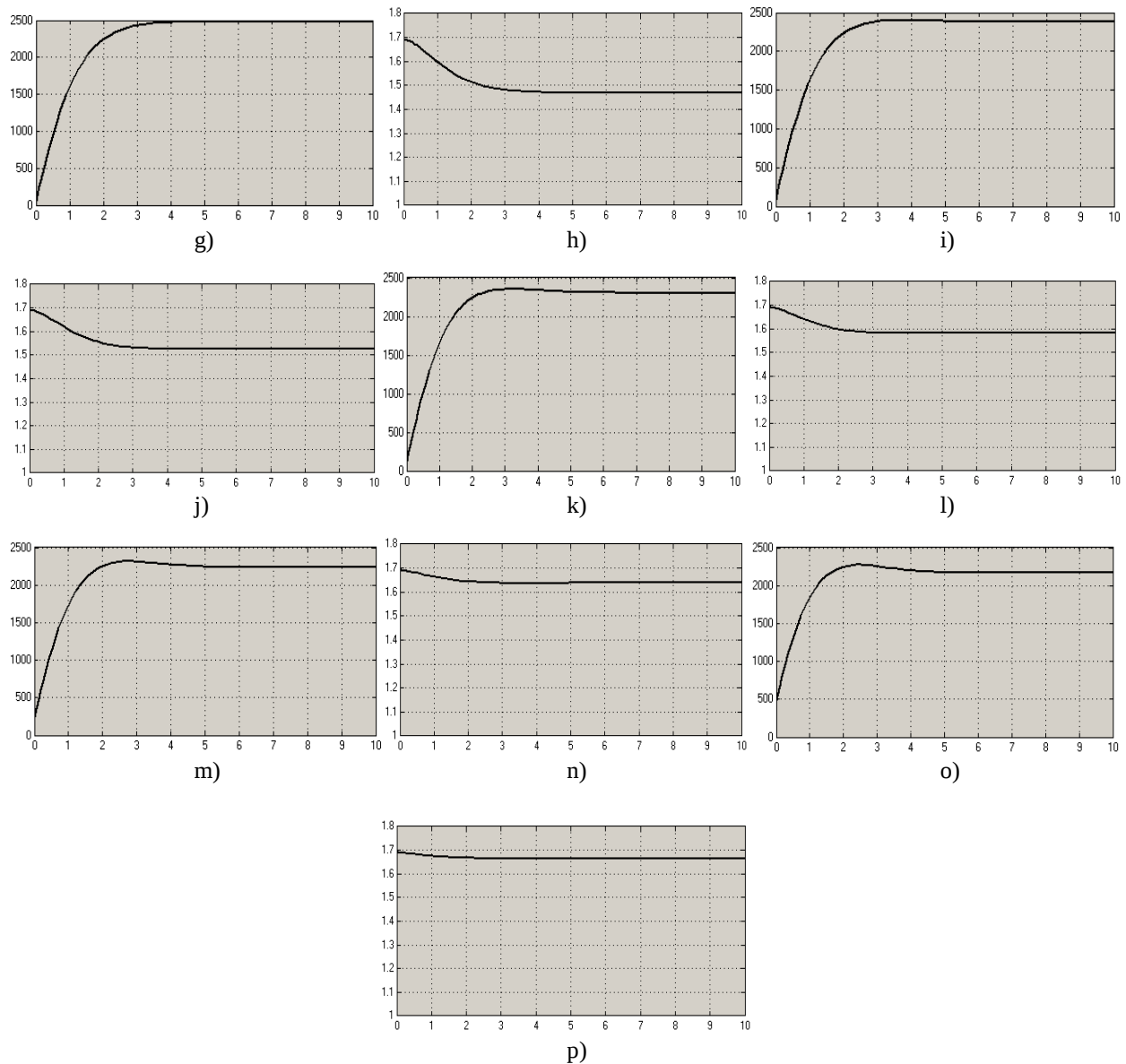
4.2 Motor DC Seri

Dari praktikum motor DC *shunt* dengan rangkaian konvensional yang dilaksanakan di laboratorium Teknik Listrik, serta simulasi menggunakan MATLAB diperoleh data seperti ditunjukkan pada table 2.

Motor jenis ini menghasilkan torsi awal yang besar, tetapi motor jenis ini mempunyai variasi

kecepatan yang sangat berbeda antara saat tanpa beban dan saat beban penuh. Semakin besar beban maka putaran semakin kecil. Motor seri tidak sesuai jika digunakan untuk membawa beban dengan kecepatan konstan motor ini diperlukan untuk membawa muatan yang bervariasi.

Motor jenis ini mempunyai karakteristik bahwa saat tanpa beban, kecepatan akan terus naik sampai



Gambar 12 Grafik karakteristik motor DC seri (lanjutan)

- g) Karakteristik putaran pada torsi 1,4 n.m.
- h) Karakteristik arus star pada torsi 1,4 n.m.
- i) Karakteristik putaran pada torsi 1,6 n.m.
- j) Karakteristik arus star pada torsi 1,6 n.m.
- k) Karakteristik putaran pada torsi 1,8 n.m.
- l) Karakteristik arus star pada torsi 1,8 n.m.
- m) Karakteristik putaran pada torsi 2,0 n.m.
- n) Karakteristik arus star pada torsi 2,0 n.m.
- o) Karakteristik putaran pada torsi 2,4 n.m.
- p) Karakteristik arus star pada torsi 2,4 n.m.

batas yang dapat menimbulkan kerusakan terhadap dirinya (gambar 11). Untuk menghindari kecepatan yang berlebih tersebut motor ini harus selalu disambungkan dengan beban. Pengetesan bebam nol dapat dilakukan tanpa merusak peralatan dengan matlab simulink.

Kelebihan dari motor DC jenis ini yaitu daya *output* yang dihasilkan besar seperti terlihat pada

tabel 2. Sedangkan kelemahannya yaitu arus beban yang diminta sangatlah besar, sesuai dengan beban yang dipikulnya, jika tegangan inputnya tidak stabil maka flux magnet yang dihasilkan oleh kumparan seri tidak stabil pula, sehingga daya output yang dihasilkan tidak stabil.

- Karakteristik Motor DC Seri Torsi 0 n.m. Pada gambar 12a terlihat bahwa gelombang putaran

(T) motor beroperasi sebesar 6511 rpm belum *steady* pada waktu operasi 15 detik, artinya motor sudah tidak terkontrol. Pada gambar 12b terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) terus turun.

- Karakteristik motor DC seri Torsi 1 n.m seperti gambar 12c terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 7 detik beroperasi sebesar 2688 rpm. Pada gambar 12d terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,353 A.
- Karakteristik motor DC seri Torsi 1,2 n.m pada gambar 12e terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 7 detik beroperasi sebesar 2542 rpm. Pada gambar 12f terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,312 A.
- Karakteristik motor DC seri Torsi 1,4 n.m pada gambar 12g terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 7 detik beroperasi sebesar 2475 rpm. Pada gambar 12h terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,47 A.
- Karakteristik motor DC seri Torsi 1,6 n.m. Pada gambar 12i terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 4 detik beroperasi sebesar 2378 rpm. Pada gambar 12j terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,527 A.
- Karakteristik motor DC seri Torsi 1,8 n.m. Pada gambar 12k terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 7 detik beroperasi

sebesar 2305 rpm. Pada gambar 12l terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,642 A.

- Karakteristik motor DC seri Torsi 2 n.m. Pada gambar 12m terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 2237 rpm. Pada gambar 12n terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,665 A.
- Karakteristik motor DC seri Torsi 2,2 n.m. Pada gambar 12o terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 2172 rpm. Pada gambar 12p terlihat bahwa gelombang arus motor (I_a) mulai *steady* pada 6 detik beroperasi sebesar 1,688 A.

4.3 Motor DC Compound

Dari praktikum motor DC *shunt* dengan rangkaian konvensional yang dilaksanakan di laboratorium Teknik Listrik, serta simulasi menggunakan MATLAB diperoleh data seperti ditunjukkan pada table 3.

Motor ini merupakan gabungan motor seri dan *shunt*. Pada motor kompon, gulungan medan (medan *shunt*) dihubungkan secara paralel dan seri dengan gulungan dinamo (A). Sehingga, motor kompon memiliki *torque* penyalan awal yang bagus dan kecepatan yang stabil. Makin tinggi persentase penggabungan (persentase gulungan medan yang dihubungkan secara seri), makin tinggi pula *torque* penyalan awal yang dapat ditangani oleh motor ini.

Tabel 2 Data pengukuran motor DC seri

a) Rangkaian konvensional

No	Vs (V)	Torsi (n.m)	N (rpm)	Ia (A)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	241,1	1	2692	2,4	578,64	508	0,87792
2	240,7	1,2	2568	2,57	618,599	544	0,87941
3	239,7	1,4	2471	2,73	654,381	580	0,88633
4	240,5	1,6	2381	2,9	697,45	618	0,88609
5	240,5	1,8	2290	3,07	738,335	653	0,88442
6	240,2	2	2226	3,24	778,248	691	0,88789
7	240,2	2,2	2154	3,42	821,484	727	0,88498

b) Simulasi MATLAB

No	Vs (V)	Torsi (n.m)	N (rpm)	Ia (A)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	240	1	2688	1,353	372,96	162,7	43,6
2	240	1,2	2542	1,412	378,24	169,5	44,8
3	240	1,4	2475	1,47	383,28	176,4	46
4	240	1,6	2378	1,527	388,56	183,2	47
5	240	1,8	2305	1,642	394,08	189,9	48
6	240	2	2237	1,665	399,6	196,6	49,2
7	240	2,2	2172	1,688	405,12	202,7	50

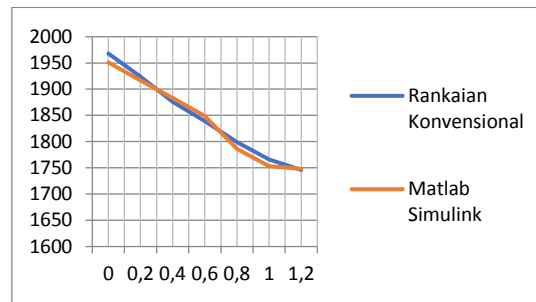
Tabel 3 Data pengukuran motor DC compound

a) Rangkaian konvensional

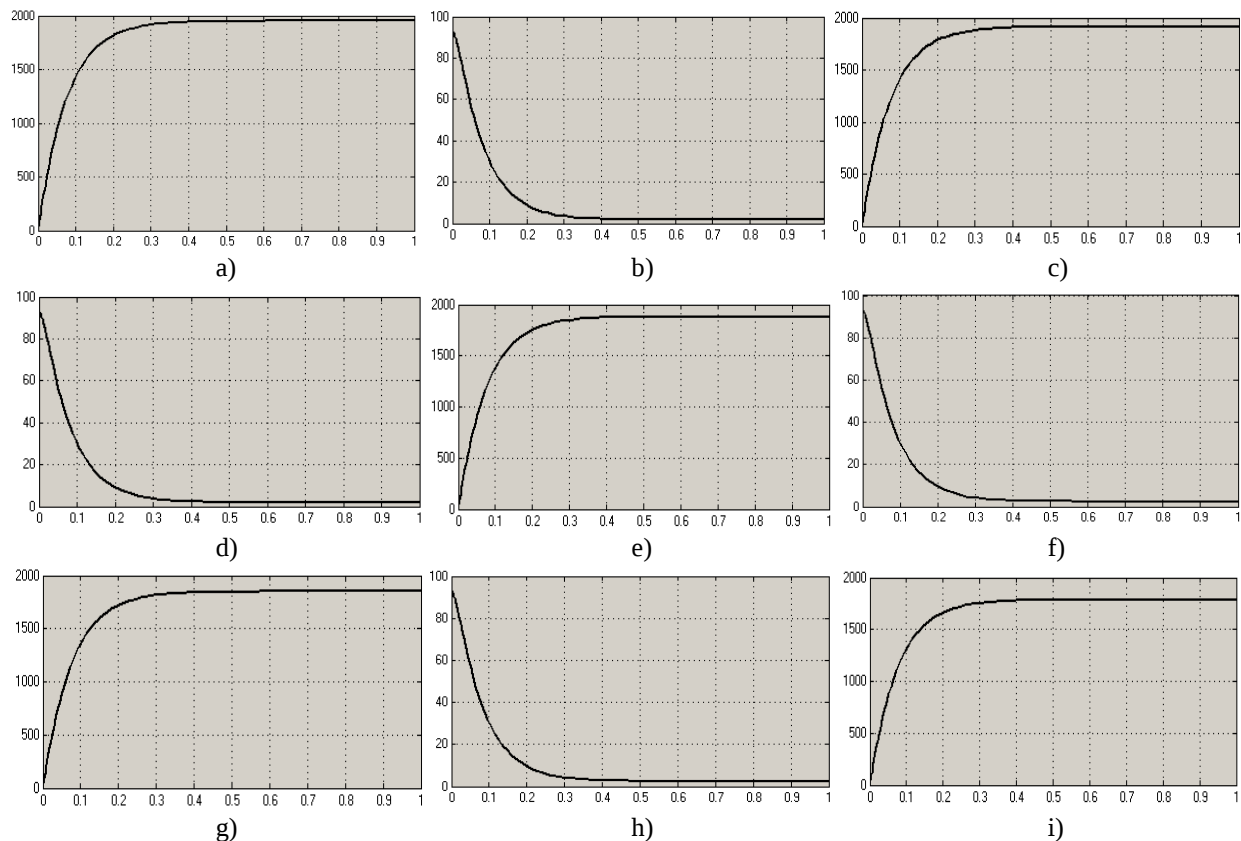
No	Vs (V)	T (N.M)	N (rpm)	Ia (A)	I _{komp} (A)	V _{komp} (A)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	252,3	0	1968	1,02	0,75	224,9	257,35	157,3	61
2	249,5	0,2	1924	1,05	0,72	222,1	261,97	146,1	55,7
3	247,2	0,4	1876	1,07	0,69	219,5	264,50	139,4	52,7
4	245,8	0,6	1839	1,68	0,67	218,8	412,94	133,4	32,3
5	243,5	0,8	1799	1,82	0,66	216,8	443,17	129,4	29,2
6	242,3	1	1766	1,96	0,65	215,6	474,91	125,7	26,5
7	242,2	1,2	1746	2,08	0,64	215,4	503,78	125	24,8

b) Simulasi MATLAB

No	Vs (V)	T (N.M)	N (rpm)	Ia (A)	I _{komp} (A)	V _{komp} (A)	Pin (W)	Pout (W)	η (%)
1	240	0	1951	1,701	0,8532	240	408,24	204,1	49,99
2	240	0,2	1917	1,945	0,8532	240	466,80	233,4	50,00
3	240	0,4	1883	2,19	0,8532	240	525,60	262,8	50,00
4	240	0,6	1849	2,434	0,8532	240	584,16	292,1	50,00
5	240	0,8	1786	2,678	0,8532	240	642,72	321,4	50,00
6	240	1	1753	2,923	0,8532	240	701,52	350,7	49,99
7	240	1,2	1748	3,167	0,8532	240	760,08	380	49,99



Gambar 13 Karakteristik putaran terhadap beban motor DC *compound* pada percobaan rangkaian konvensional dengan MATLAB Simulink



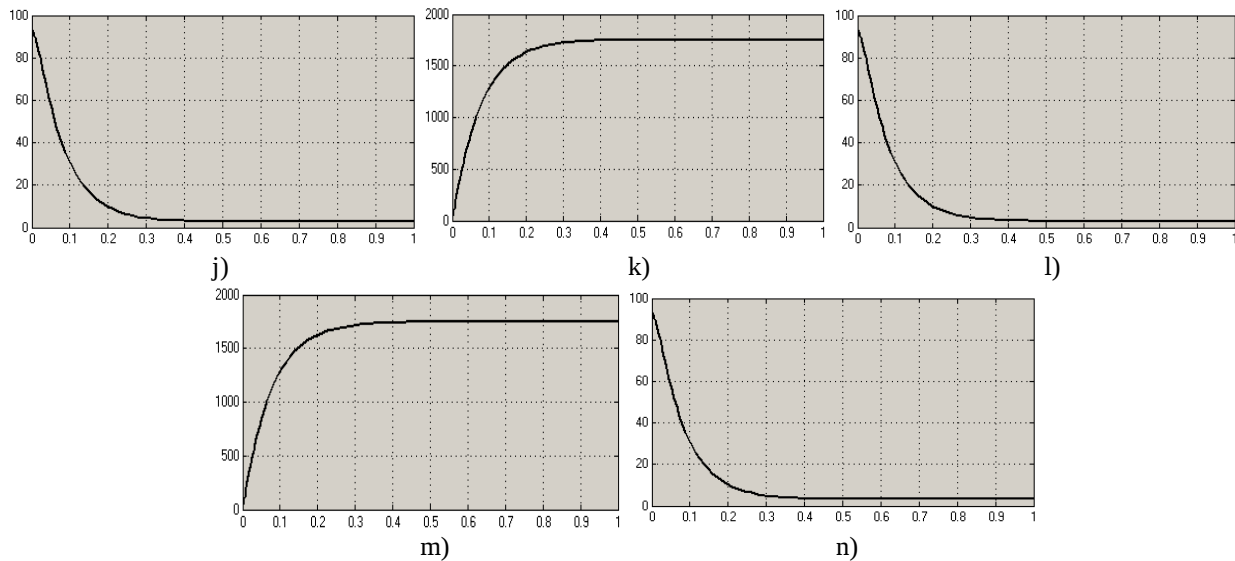
Gambar 14 Grafik karakteristik motor DC *compound*

- Karakteristik putaran pada torsi 0 n.m.
- Karakteristik arus star pada torsi 0 n.m.
- Karakteristik putaran pada torsi 0,2 n.m.
- Karakteristik arus star pada torsi 0,2 n.m.
- Karakteristik putaran pada torsi 0,4 n.m.
- Karakteristik arus star pada torsi 0,4 n.m.
- Karakteristik putaran pada torsi 0,6 n.m.
- Karakteristik arus star pada torsi 0,6 n.m.
- Karakteristik putaran pada torsi 0,8 n.m.

- Karakteristik motor DC kompon Torsi 0 n.m. Pada gambar 14a terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1951 rpm. Pada gambar 14b terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1,701 A
- Karakteristik motor DC kompon Torsi 0,2 n.m. Pada gambar 14c terlihat bahwa gelombang

putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1917 rpm. Pada gambar 14d terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 1,945 A

- Karakteristik motor DC kompon Torsi 0,4 n.m. Pada gambar 14e terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,8 detik beroperasi sebesar 1883 rpm. Pada Gambar 14f



Gambar 14 Grafik karakteristik motor DC *compound* (lanjutan)

- j) Karakteristik arus star pada torsi 0,8 n.m.
- k) Karakteristik putaran pada torsi 1 n.m.
- l) Karakteristik arus star pada torsi 1 n.m.
- m) Karakteristik putaran pada torsi 1,2 n.m.
- n) Karakteristik arus star pada torsi 1,2 n.m.

terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,19 A

- Karakteristik motor DC kompon Torsi 0,6 n.m. Pada gambar 14g terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1849 rpm. Pada gambar 14h terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,434 A
- Karakteristik motor DC kompon Torsi 0,8 n.m. Pada gambar 14i terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1786 rpm. Pada gambar 14j terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,678 A
- Karakteristik motor DC kompon Torsi 1 n.m. Pada gambar 14k terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1753 rpm. Pada gambar 14l terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 2,923 A
- Karakteristik motor DC kompon Torsi 1,2 n.m. Pada gambar 14m terlihat bahwa gelombang putaran (T) motor mulai *steady* pada 0,5 detik beroperasi sebesar 1748 rpm. Pada gambar 14n terlihat bahwa gelombang arus motor (Ia) mulai *steady* pada 0,6 detik beroperasi sebesar 3,167 A

5. KESIMPULAN

- 1) Dengan Matlab Simulink dapat diketahui bahwa semakin besar torsi motor maka kecepatan motor semakin berkurang dan arus motor semakin bertambah.
- 2) Dengan Matlab Simulink dapat diketahui bahwa Motor DC mempunyai arus *start* yang konstan, yaitu pada Motor DC Shunt arus start 92,99 A, Motor DC Seri 1,7 A dan Motor DC Kompon 92,99 A.
- 3) Keuntungan melakukan simulasi dengan matlab simulink yaitu ketika terjadi kesalahan dalam pembebanan motor dapat mengetahui karakteristiknya tanpa merusak peralatan, sehingga pemodelan Motor Arus Searah lebih mudah dianalisa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Djoekardi, Djuhan, 1996, "Mesin-Mesin Listrik Motor Induksi", Penerbit Universitas Trisakti, Jakarta.
- [2] Fitzgerald, Mesin-Mesin Listrik edisi keempat, 1997, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [3] Lister, Eugene C, 1988, "Mesin dan Rangkaian Listrik", Edisi keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Zuhail, 1991, Dasar Tenaga Listrik, Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung