

SKRIPSI

**ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA PENGATURAN
KECEPATAN MOTOR *DC* MENGGUNAKAN METODE
KONTROL *CASCADE* DENGAN *SOFTWARE MATLAB*
SIMULINK DI LAB. KONVERSI ENERGI ELEKTRIK
ITN MALANG**



Disusun Oleh :

**HERCHY SEILATUW
02.12.082**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

APRIL 2008

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE KONTROL *CASCADE* DENGAN *SOFTWARE MATLAB SIMULINK* DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

SKRIPSI


Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Syarat-Syarat Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik


Disusun Oleh :
Herchy Seilatuw
02.12.082


Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Ir. Widodo Pudji M, MT)
NIP. Y. 1028700171


(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y. 1028400082


Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1


(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP.Y. 1039500274

KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

ABSTRAKSI

ANALISA KONDISI STEADY STATE PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE KONTROL CASCADE DENGAN SOFTWARE MATLAB SIMULINK DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG

(Herchy Seilatuw, Nim 02.12.082, Teknik Elektro/ T.Energi Listrik S-1)
(Dosen Pembimbing : Ir. Widodo Pudji M, MT- Bambang Prio H, ST, MT)

Kata Kunci: Metode Kontrol Cascade, Arus Jangkar, Tegangan Jangkar, Kecepatan

Penggunaan motor arus searah sudah sangat dikenal secara luas. Keuntungan-keuntungan yang menonjol akan penggunaan motor-motor arus searah tersebut timbul dengan penunjukan karakteristik operasinya. Pengaturan kecepatan motor DC dengan metode cascade sangat diperlukan apabila motor tersebut akan digunakan pada kecepatan yang diinginkan, pengontrolan bisa dilakukan dengan metode kontrol cascade.

Dengan metode cascade atau pengaturan yang bertingkat kecepatan motor dapat diikuti. Setelah adanya umpan balik kecepatan motor dan dibandingkan dengan kecepatan referensi akan mengatur kembali arus yang masuk ke motor mengikuti perbandingan sebelum dan sesudah motor dijalankan. Jadi dengan pengaturan secara bertingkat (Cascade) maka motor mempunyai respons yang lebih baik dimana error kecepatan dan arus referensi dan arus pada saat motor dijalankan kecil.

Dari hasil simulasi pada semua kondisi baik kondisi kecepatan konstan pada kecepatan referensi 100 rad/sec dan kecepatan berubah-ubah dari 50 rad/sec naik menjadi 150 rad / sec, yang menggunakan metode kontrol Cascade, *error steady statenya* = 0.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana teknik elektro di Institut Teknologi Nasional Malang. Penyusun menyadari bahwa penyusun skripsi ini mungkin masih jauh dari kesempurnaan, sehingga sangat diharapkan adanya saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak untuk membantu penyelesaian penyusunan skripsi ini. Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis tak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor ITN Malang.
2. Bapak Ir. F. Yudi Limpraptono, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
3. Bapak Ir. Widodo Pudji M, MT, selaku Dosen Pembimbing.
4. Bapak Bambang Prio Hartono, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing
5. Orang Tuaku tercinta yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a.
6. Teman-temanku yang telah memberikan bantuan, motivasi dan do'a.
7. Semua pihak yang telah membantu terselesainya skripsi ini.

Akhirnya penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya pada jurusan Teknik Elektro konsentrasi Teknik Energi Listrik.

Malang,

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
ABSTRAKSI.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Pembahasan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metodologi Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Umum.....	6
2.2. Prinsip Kerja Motor DC	8
2.3 Rangkaian Ekuivalen Motor DC.....	11
2.4. Jenis – Jenis Motor DC	12
2.5. Motor DC Penguatan Terpisah.....	14
2.6 Pengaturan Kcecepatan Motor DC.....	16
2.7. Pengaturan Tegangan Jangkar.....	16
2.8. Spesifikasi Motor DC.....	18

BAB III METODE KONTROL CASCADE

3.1. Umum.....	20
3.2. Block Simulink Kontrol Cascade Motor DC.....	32
3.3. Algoritma Pemograman.....	33
3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah Secara Umum.....	33
3.3.2. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum.....	34

BAB IV ANALISA PARAMETER MOTOR DAN HASIL SIMULASI

4.1. Pengujian Parameter Motor	35
4.1.1 Alat-Alat Yang Dipergunakan Dalam Pengujian.....	35
4.1.2 Data Hasil Pengjian Motor DC Shunt	36
4.1.3. Menentukan Konstanta Motor ($K\phi$).....	36
4.2 Simulasi Motor DC Pada <i>Software</i> Matlab Simulink.....	37
4.2.1. Tampilan Pengujian Parameter Motor DC.....	37
4.2.2. Pemodelan Sistem.....	38
4.3. Hasil Simulasi.....	39
4.3.1.Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Yang Konstant.....	39
4.3.2.Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Berubah –Ubah.....	43
4.3.2.Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi Yang Diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Nol.....	47

4.3.4. Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah Pada Kecepatan yang Disetting Dari 50 rad/sec Kemudian Naik Menjadi 150 rad/sec. Dengan Torsi Beban Berubah–Ubah.....	51
4.3.5. Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah–Ubah Kecepatan yang Berubah Dari 50 rad/sec Kemudian Naik menjadi 150 rad/sec. Dengan Torsi Beban yang Konstant.....	55
4.3.6. Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah–Ubah Kecepatan yang Berubah dari 50 rad/sec Kemudian Naik Menjadi 150 rad/sec. Dengan Torsi Beban Nol.....	59
4.4. Perbandingan Hasil Simulasi Sistem.....	63
4.4.1. Simulasi Untuk Sistem Pengontrolan Kecepatan Motor DC Tanpa Menggunakan Metode Kontrol <i>Cascade</i>	63
4.5. Analisis Performansi Sistem.....	66
4.4.1. Analisis Performa Keadaan Peralihan (<i>Transient</i>).....	66
4.4.2. Analisis <i>Error Steady State</i>	68

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	69
5.2. Saran.....	70

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Konstruksi Motor DC	7
Gambar 2.2.	Interaksi antara Medan Magnet dan Penghantar yang dialiri Arus	8
Gambar 2.3.	Rangkaian Ekuivalen Motor DC	11
Gambar 2.4.	Rangkaian jenis Motor DC penguatan terpisah	13
Gambar 2.5.	Rangkaian jenis Motor DC penguatan sendiri	13
Gambar 2.6.	Diagram skematik jangkar magnet terkontrol Motor DC	17
Gambar 3.1.	Kontrol Suhu pada Selubung CSTR	22
Gambar 3.2	Skema Representasi	24
Gambar 3.3	Contoh – contoh dari Kontrol <i>Cascade</i>	26
Gambar 3.4	Blok Diagram dari Sistem Kontrol <i>Cascade</i>	27
Gambar 3.5	Model Simulink Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan metode Kontrol <i>Cascade</i>	32
Gambar 3.6	Flowchart Pemecahan Masalah secara Umum	34
Gambar 4.1	Blok parameter Motor DC	37
Gambar 4.2.	Model Simulink pengaturan kecepatan motor DC Dengan metode Kontrol <i>Cascade</i>	68
Gambar 4.3.	Blok Simulink untuk kondisi kecepatan konstan dengan Torsi beban yang konstan	39
Gambar 4.4.	Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan konstan Dengan torsi beban yang konstan	40
Gambar 4.5.	Blok hasil simulasi untuk arus jangkar pada torsi	

	Beban yang konstan	41
Gambar 4.6	Blok hasil simulasi tegangan jangkar dengan torsi	
	Beban yang konstan	42
Gambar 4.7.	Blok Simulink untuk kondisi kecepatan konstan dengan	
	Torsi beban yang berubah-ubah	43
Gambar 4.8.	Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan konstan	
	Dengan torsi beban yang berubah-ubah	44
Gambar 4.9.	Blok hasil simulasi untuk arus jangkar pada torsi	
	Beban yang berubah-ubah	45
Gambar 4.10.	Blok hasil simulasi tegangan jangkar dengan torsi	
	Beban yang berubah-ubah	46
Gambar 4.11.	Blok Simulink untuk kondisi kecepatan konstan dengan	
	Torsi beban yang Nol	47
Gambar 4.12.	Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan konstan	
	Dengan torsi beban yang Nol	48
Gambar 4.13.	Blok hasil simulasi untuk arus jangkar pada torsi	
	Beban yang Nol	49
Gambar 4.14.	Blok hasil simulasi tegangan jangkar untuk kondisi kecepatan	
	Konstan dengan torsi beban Nol.....	50
Gambar 4.15.	Blok Simulink untuk kondisi kecepatan berubah-ubah	
	Dengan torsi beban yang berubah-ubah.....	51
Gambar 4.16.	Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan berubah-ubah	
	Dengan torsi beban yang berubah-ubah.....	52
Gambar 4.17.	Blok simulink untuk arus jangkar dengan torsi beban	
	Yang berubah-ubah.....	53

Gambar 4.18. Blok hasil simulasi tegangan jangkar untuk kondisi kecepatan Berubah-ubah dengan beban berubah-ubah.....	54
Gambar 4.19. Blok simulink untuk kondisi kecepatan berubah-ubah Dengan torsi beban konstan.....	55
Gambar 4.20. Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan berubah-ubah Dengan torsi beban yang konstan.....	56
Gambar 4.21. Blok hasil simulasi untuk arus jangkar pada torsi Beban yang konstan.....	57
Gambar 4.22. Blok hasil simulasi tegangan jangkar untuk kondisi kecepatan Berubah-ubah dengan torsi beban yang konstan.....	58
Gambar 4.23. Blok simulink untuk kondisi kecepatan berubah-ubah Dengan torsi beban Nol.....	59
Gambar 4.24. Blok hasil simulasi untuk kondisi kecepatan berubah-ubah Dengan torsi beban Nol.....	60
Gambar 4.25. Blok hasil simulasi untuk arus jangkar pada torsi Beban Nol.....	61
Gambar 4.26. Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah dengan Torsi Beban Nol.....	62
Gambar 4.27. Blok Simulink untuk kecepatan konstan dengan torsi beban Yang konstan tanpa menggunakan metode kontrol Cascade	63
Gambar 4.28. Hasil Simulasi untuk kondisi kecepatan konstan dengan Torsi beban yang konstan tanpa metode kontrol Cascade	64
Gambar 4.29. Hasil Simulasi Arus Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan Tanpa Metode Kontrol Cascade....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Hasil Pengujian Parameter Motor DC	
Penguatan terpisah	18
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Parameter Motor DC	
Penguatan Terpisah	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja”-nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung / *direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Keuntungan utama Motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya.

Penggunaan Motor arus searah sudah sangat dikenal secara luas. Keuntungan-keuntungan yang menonjol akan penggunaan motor-motor arus searah tersebut timbul dengan penunjukan karakteristik operasinya. Motor DC secara luas dipergunakan dalam berbagai macam penerapan yang memerlukan

putaran yang dapat diatur dan beberapa penerapannya digunakan pada industri kecil, industri kertas dan lain-lain.

Motor DC tertuama Motor DC penguatan terpisah mempunyai keunggulan- keunggulan tersendiri, yang mana Motor DC penguatan terpisah ini mempunyai kecepatan yang hampir konstan pada tegangan jepit yang konstan meskipun terjadi perubahan beban.

Pada umumnya Motor biasanya sering disimulasikan dan dianalisa dengan menggunakan kondisi *steady state*, tetapi untuk mempelajari pengendalian dalam bidang elektrik, kontrol kecepatan pada saat kondisi *steady state* berlangsung juga merupakan sesuatu yang penting. Metode kontrol *Cascade* merupakan suatu metode bertingkat dalam hal ini tingkatan dalam kontrol kecepatan Motor DC selama kondisi *steady state* berlangsung.

Simulasi komputer sering dipilih untuk mempelajari kinerja peralihan dan kendali atau untuk mencoba rancangan-rancangan konseprual. Simulasi dapat sangat membantu pemahaman terhadap tingkah laku dinamik dan interaksinya yang sering kali tidak nampak dalam teori yang dibaca untuk dilanjutkan pada sistem yang nyata dalam bentuk percobaan.

Dengan menggunakan bantuan *software MATLAB* versi 7.0 kita dapat menganalisa kondisi *steady state* pada pengaturan kecepatan Motor DC menggunakan metode kontrol *Cascade* dengan membentuk blok-blok *transfer function* dari persamaan matematika Motor DC yang telah diketahui.

1.2. Rumusan Masalah

- (1). Bagaimana menganalisa kondisi *steady state* pada pengaturan kecepatan Motor DC menggunakan kontrol *Cascade* dengan *Software MATLAB 7.0*.
- (2). Bagaimana membentuk blok-blok *Transfer Function* sehingga perubahan arus, tegangan, dan kecepatan dapat diketahui.

1.3. Tujuan Pembahasan

Tujuan pembahasan penelitian ini adalah :

Menganalisa kondisi *steady state* pada pengaturan kecepatan Motor DC menggunakan metode kontrol *Cascade* dengan *software MATLAB Simulink*.

1.4. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam skripsi akan lebih terarah sesuai dengan tujuan dan judul yang ada maka permasalahan dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut :

- (1). Analisis dilakukan pada Motor DC Shunt DE LORENZO/DI.1022, 1,1 kW
Tegangan nominal jangkar (V_a) : 220 V, Arus nominal jangkar (I_a) : 6,5 A,
Tegangan nominal medan (V_f) : 190 V, Putaran (N) : 3000 rpm.
- (2). Analisa Menggunakan Simulink yang dibentuk menggunakan *transfer function* dari persamaan matematika.
- (3). Pembahasan lebih ditekankan pada pengaruh tegangan jangkar (V_a) dan kecepatan yang berubah terhadap Motor DC.
- (4). Pembahasan lebih kepada Motor DC penguatan terpisah.

- (5). Metode *Cascade* dalam skripsi ini adalah suatu Metode pengontrolan bertingkat pada pengaturan kecepatan Motor DC dalam Matlab simulink.
- (6). Tidak membahas sistem proteksi motor.

1.5. Metodologi Penelitian

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini metodologi sebagai berikut:

(1). Studi literatur

Pengumpulan bahan yang berkaitan dengan Motor DC serta penurunan rumus – rumus yang digunakan dalam skripsi ini.

(2). Pengumpulan Data

Melakukan percobaan dan pengambilan data dari Motor DC yang akan dianalisa.

(3). Melakukan analisa dari data untuk parameter-parameter yang akan digunakan.

(4). Melakukan simulasi dari data yang ada ke dalam Blok Simulink Dengan Bantuan *MATLAB* versi 7.0

(5). Menganalisa hasil Simulasi

(6). Menarik Kesimpulan

1.6. Sistematika

Pembahasan dalam skripsi ini akan diuraikan dalam lima bab, yang penjabarannya sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika pembahasan yang akan dipaparkan dalam skripsi ini.

BAB II : LANDASAN TEORI

Membahas tentang berbagai macam teori yang mendukung dalam mengendalikan Motor DC sebagai objek yang akan disimulasikan menggunakan metode Cascade kontrol.

BAB III : METODE KONTROL *CASCADE*

Pada bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini (metode kontrol *Cascade*).

BAB IV : ANALISA PARAMETER MOTOR DAN HASIL SIMULASI

Pada bab ini berisi simulasi dan analisa hasil simulasi dari Matlab Simulink.

BAB V : PENUTUP

Merupakan bagian akhir dari laporan yang terdiri dari kesimpulan dan saran.

BAB II

LANDASAN TEORI

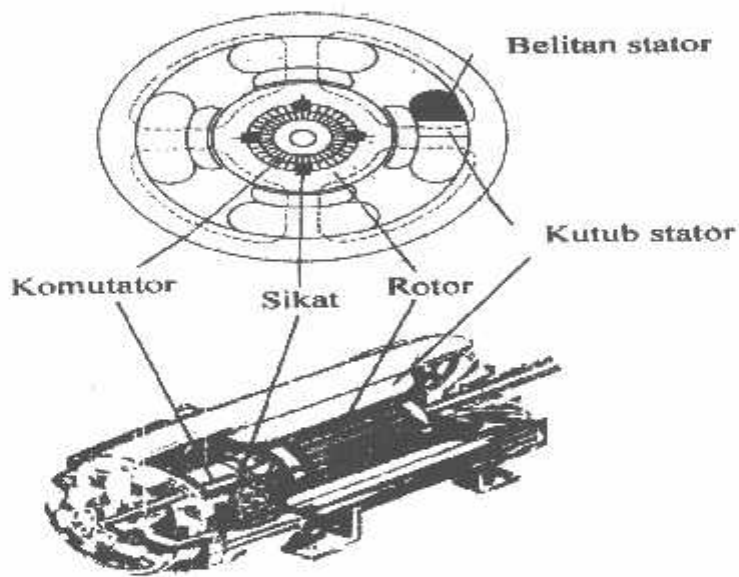
2.1 Umum^[1]

Motor DC adalah elektromagnetis yang mengubah daya listrik menjadi daya mekanis dengan arus searah sebagai suplai energi listriknya. Motor DC terdiri dari dua bagian dasar yaitu *stator* dan *rotor*. Stator merupakan bagian dari Motor DC yang tidak bergerak sedangkan rotor merupakan bagian yang bergerak. Pada stator terdapat belitan yang dinamakan belitan medan karena berfungsi menghasilkan medan magnet, sedangkan pada rotor terdapat belitan yang dinamakan belitan jangkar karena berfungsi membawa arus beban. Pada poros rotor terdapat komutator dan sikat, komutator bergerak bersamaan dengan poros rotor sedangkan sikat tidak bergerak tetapi menyentuh komutator. Komutator merupakan selinder yang terbuat dari beberapa segmen tembaga yang terisolasi satu sama lain, dan sikat terbuat dari bahan karbon. Komutator dan sikat bersamaan berfungsi sebagai penyearah. *Gambar 2.1* merupakan gambar konstruksi Motor DC.

Penggunaan Motor arus searah sudah sangat dikenal secara luas. Keuntungan-keuntungan yang menonjol akan penggunaan motor-motor arus searah tersebut timbul dengan menunjukkan karakteristik operasinya. Motor DC secara luas dipergunakan dalam berbagai macam penerapan yang memerlukan

putaran yang dapat diatur dengan beberapa penerapannya digunakan pada industri tekstil, industri kertas dan lain-lain.

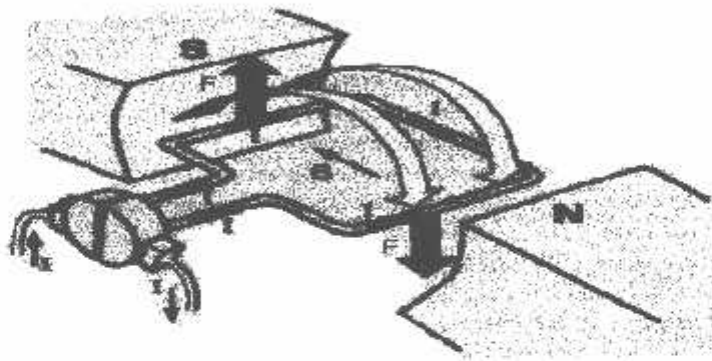
Motor DC terutama Motor DC penguatan terpisah mempunyai keunggulan-keunggulan tersendiri, yang mana Motor DC penguatan terpisah ini mempunyai kecepatan yang hampir konstan pada tegangan jepit yang konstan meskipun terjadi perubahan beban.



Gambar 2.1. Konstruksi Motor DC
Sumber: www.NEETS.com

2.2. Prinsip Kerja Motor DC¹⁷¹

Prinsip kerja Motor DC berdasarkan pada penghantar yang teraliri arus ditempatkan dalam suatu medan magnet sehingga penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi sehingga menghasilkan putaran. Pengaturan yang berputar akan menimbulkan tegangan DC oleh komutator dan sikat.



Gambar 2.2 Interaksi Antara Medan Magnet Dan Penghantar Yang Dialiri Arus
Sumber: www.Hyperphysics.com

Gaya yang dihasilkan sebesar: (Cathey, 2001:50)

$$F = B.I.l \quad (2-1)$$

Gaya itu menimbulkan torsi sebesar:

$$T = F.r \quad (2-2)$$

$$T = B.I.l.r$$

Dengan:

F = Gaya (N).

B = Rapat fluks (T).

l = Arus yang mengalir pada penghantar (A).

l = Panjang penghantar (m).

r = Jari-jari inti jangkar (m).

T = Teorsi (Nm).

Jangkar memiliki jumlah penghantar dan cabang paralel penghantar sehingga dari persamaan (2-10 dan (2-2) didapatkan:

$$T = \frac{Z}{a} B \cdot I_a \cdot l \cdot f \quad (2-3)$$

Dengan:

Z = Jumlah penghantar jangkar.

a = Jumlah cabang paralel penghantar jangkar yang berada diantara sikat.

I_a = Arus jangkar (A).

Rapat fluks yang dihasilkan sebesar:

$$B = \frac{\phi \cdot p}{2\pi \cdot r \cdot l} \quad (2-4)$$

Jika persamaan (2-4) diberikan persamaan (2-3) didapatkan:

$$T = \frac{Z}{a} B \cdot I_a \cdot l \cdot r = \frac{Z}{a} \frac{\phi \cdot p}{2\pi \cdot r \cdot l} B \cdot I_a \cdot l \cdot r$$

Maka didapatkan nilai T sebesar:

$$T = \frac{p.Z}{2\pi.a} \phi . I_a \quad (2-5)$$

Dimana telah diketahui bahwa besarnya nilai pada motor DC sebagai berikut:

$$K = K . \phi . I_a \quad (2-6)$$

Dengan:

P = Jumlah kutub stator.

ϕ = Fluks tiap kutub stator (Wb).

K = Konstanta mesin.

Putaran jangkar yang berada dalam medan magnet akan menghasilkan gaya gerak listrik lawan sebesar:

$$E_a = K . \phi . \omega_m \quad (2-7)$$

Daya yang dihasilkan sebesar:

$$P = E_a . I_a \quad (2-8)$$

Dari persamaan (2-7) dan (2-8):

$$P = K . \phi . I_a . \omega_m \quad (2-9)$$

$$P = T . \omega_m \quad (2-10)$$

Dengan:

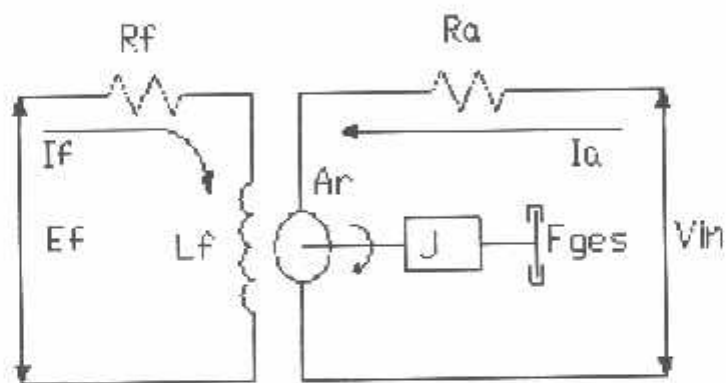
E_a = Gaya gerak listrik lawan (V).

P = Daya (W).

ω_m = Putaran (rad/s).

2.3. Rangkaian Ekuivalen Motor DC^[5]

Motor DC berdasarkan jenis penguatannya terbagi menjadi 2 yaitu: Motor DC penguatan terpisah dan Motor DC penguatan sendiri. Penguatan pada Motor DC diberikan oleh belitan medan sehingga jenis penguatan Motor DC berdasarkan pada cara pemberian catu tegangan pada belitan medan akan menimbulkan medan magnet.

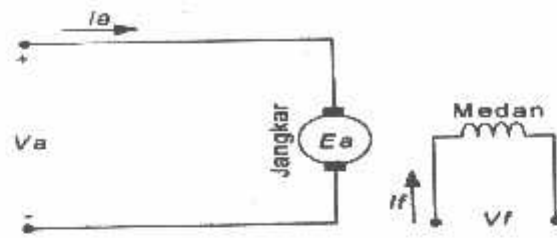


Gambar 2.3. Rangkaian Ekuivalen Motor DC
Sumber: Cathei, 2001: 242

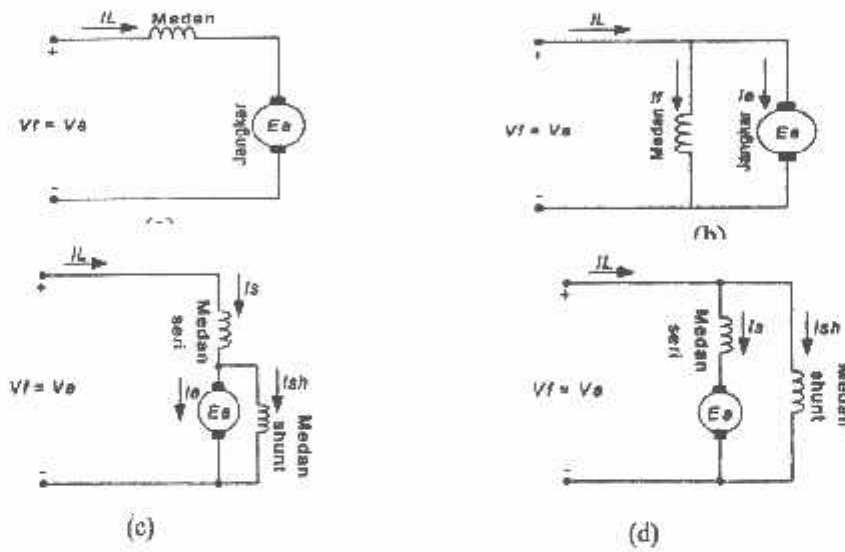
2.4. Jenis-Jenis Motor DC¹⁶¹

Motor DC berdasarkan jenis penguatannya terdiri menjadi 2 yaitu: Motor DC penguatan terpisah dan Motor DC penguatan sendiri. Penguatan pada Motor DC diberikan oleh belitan medan sehingga jenis penguatan Motor DC berdasarkan pada cara pemberian catu tegangan pada belitan medan yang akan menimbulkan medan magnet.

Motor DC penguatan terpisah dicatu oleh dua sumber tegangan terpisah pada belitan medan dan belitan jangkarnya. Motor DC penguatan sendiri berdasarkan cara menghubungkan belitan medan dan belitan jangkarnya terbagi menjadi tiga yaitu Motor DC *shunt*, seri dan kompon. Motor DC *shunt* belitan medan dan belitan jangkarnya dihubungkan paralel, Motor DC seri belitan medan dan belitan jangkar dihubungkan seri, sedangkan Motor DC kompon merupakan penggabungan dari Motor DC *shunt* dan Motor DC *seri* yang terbagi menjadi dua macam yaitu: kompon panjang dan kompon pendek seperti pada *gambar 2.4*. Motor DC penguatan terpisah dibandingkan Motor DC penguatan sendiri memiliki kelebihan dalam pengaturan tegangan sembarunya yaitu pengaturan tegangan jangkar dan pengaturan tegangan medan sehingga memiliki jangkauan pengaturan yang lebih luas.



Gambar 2.3. Rangkaian jenis motor penguatan terpisah
 Sumber: Cathei, 2001: 242



Gambar 2.4. Rangkaian jenis Motor DC penguatan sendiri (a) Seri. (b) Shunt.

(c) Kompon Pendek. (d) Kompon Panjang
 Sumber: Cathei, 2001: 242

Untuk selanjutnya di sini hanya akan di tinjau Motor DC penguatan terpisah.

2.5. Motor DC Penguatan Terpisah^[2]

Rangkaian Motor DC penguatan terpisah seperti pada gambar 2.3. terdiri atas belitan medan dan belitan jangkar yang modelnya dapat diwakili oleh unsur-unsur resistansi dan induktansi. Berdasarkan rangkaian tersebut didapatkan persamaan: (Slemon, 1992:146)

$$V_f = R_f \cdot I_f + L_f \frac{dI_f}{dt} \quad (2-11)$$

$$V_a = E_a + I_a \cdot R_a + L_a \frac{dI_a}{dt} \quad (2-12)$$

Jika persamaan (2-7) diberikan ke persamaan (2-12) didapatkan :

$$V_a + K \cdot \phi \cdot \omega_m + I_a \cdot R_a + L_a \frac{dI_a}{dt} \quad (2-13)$$

Berdasarkan persamaan (2-6) untuk model mekanis Motor DC penguatan

$$\text{terpisah adalah : } T = J \frac{d\omega}{dt} + B \cdot \omega + T_w \quad (2-14)$$

dengan :

V_f = Tegangan medan (V)

L_f = Induktansi belitan medan (H)

R_f = Resistansi belitan medan (Ω)

I_f = Arus medan (A)

V_a = Tegangan Jangkar (V)

L_a = Induktansi belitan jangkar (H)

R_o = Resistansi belitan jangkar (Ω)

I_o = Arus jangkar (A)

J = Momen inersia (kg.m^2)

B = Koefisien gesekan motor $\{\text{Nm}/(\text{rad/s})\}$

T_w = Torsi beban (Nm)

Untuk operasi Motor dalam keadaan mantap pada persamaan (2-11), (2-12), (2-13), dan (2-14) turunan terhadap waktunya adalah nol sehingga persamaannya berturut-turut menjadi :

$$V_f = R_f \cdot I_f \quad (2-15)$$

$$V_o = E_o + I_o \cdot R_o \quad (2-16)$$

$$V_o = K \cdot \phi \cdot \omega_m + I_o \cdot R_o \quad (2-17)$$

$$T = B \cdot \omega + T_w \quad (2-18)$$

Untuk menghitung kinerja dari Motor DC maka digunakan keempat persamaan di atas, yang terdiri atas tiga persamaan sistem listrik pada jangkar dan medan yaitu : persamaan (2-15), (2-16), (2-17) dan satu persamaan sistem mekanik pada poros rotor yaitu persamaan (2-18).

Berdasarkan persamaan (2-17) didapatkan hubungan antara torsi dan kecepatan Motor DC penguatan terpisah sebagai berikut :

$$\omega = \frac{V_o - I_o \cdot R_o}{(K \cdot \phi)} \quad (2-19)$$

2.6. Pengaturan Kecepatan Motor DC^[1]

Motor DC merupakan mesin penggerak yang banyak digunakan karena memiliki kelebihan pada pengaturan kecepatannya. Pada umumnya pengaturan kecepatan Motor DC penguatan terpisah dan Motor DC penguatan sendiri hampir sama. Pengaturan kecepatan pada Motor DC penguatan terpisah lebih luas dibandingkan pengaturan kecepatan pada Motor DC penguatan sendiri dikarenakan Motor DC penguatan terpisah dicatu oleh dua sumber.

Untuk selanjutnya di sini hanya akan ditinjau pengaturan kecepatan Motor DC penguatan terpisah.

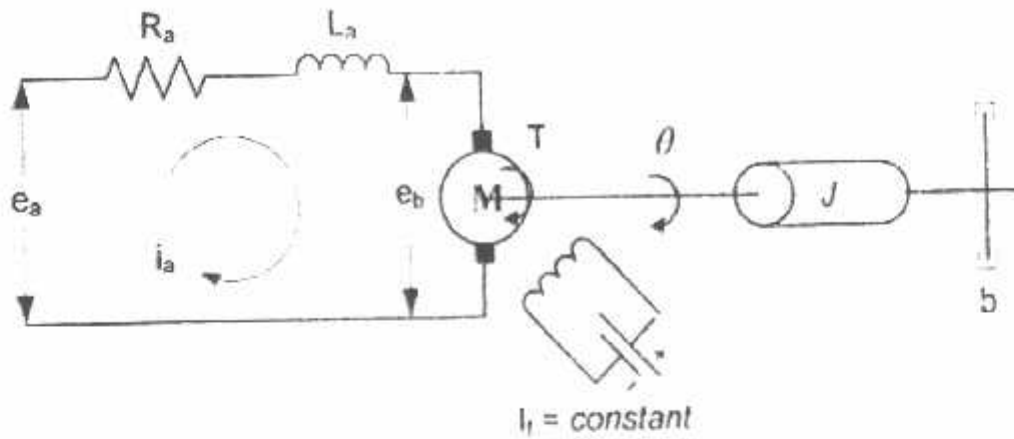
Kecepatan Motor DC penguatan terpisah dapat diatur sesuai persamaan (2-19) dengan menggunakan tiga metode yaitu :

- Pengaturan fluksi/medan
- Pengaturan resistansi jangkar
- Pengaturan tegangan jangkar

Untuk selanjutnya disini hanya akan ditinjau Motor DC penguatan terpisah dengan pengaturan jangkar.

2.7. Pengaturan Tegangan Jangkar^[5]

Pada metode ini resistansi jangkar dan sisi medannya dijaga konstan sehingga pengaturan hanya dilakukan pada tegangan jangkarnya. Pengaturan kecepatan dilakukan dan dengan mengatur tegangan jangkar seperti pada *Gambar 2-5*.



Gambar 2.5. Diagram Skematik Jangkar-Magnet Terkontrol Motor DC
 Sumber : Ogata, 1996 : 130

Dimana :

- R_a = Tahanan Kumbaran Jangkar (Ohm)
- L_a = Induktansi Kumbaran Jangkar (Henry)
- E_a = Tegangan yang dikenakan pada Jangkar (Volt)
- e_b = Gaya gerak listrik (ggl) lawan Motor (Volt)
- I_a = Arus kumbaran Jangkar (Ampere)
- i_f = Arus Medan (Ampere)
- θ = Perpindahan sudut dari poros Motor (radian)
- T = Torsi yang diberikan oleh Motor (radian)
- J = Momen Inersia ekivalen dari Motor dan beban pada poros (Kg.m²)
- b = koefisien gesek (Nm/rad/det)

2.7. Spesifikasi Motor DC

Adapun Parameter Motor DC dan spesifikasi dari Motor DC yang digunakan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut :

Data Motor DC penguatan terpisah yang dipergunakan berdasarkan *name plate* adalah sebagai berikut:

- Jenis Motor : Motor DC *Shunt*
- Daya : 1,1 kW
- Tegangan Nominal Jangkar : 220 V
- Arus Nominal Jangkar : 6,5 A
- Tegangan Nominal Medan : 190 V
- Arus Nominal Medan : 0,38 A
- Putaran : 3000 rpm

Dari hasil pengujian Parameter Motor DC didapat nilai-nilai sebagai berikut :

Tabel 2-1

Data Hasil Pengujian Parameter Motor DC Penguatan Terpisah

V_a (V)	T (Nm)	N (rpm)	I_a (A)	R_a (Ω)	L_a (H)	R_f (Ω)	L_f (H)
60	0.05	628	0.49	4.0	0,0032	422	3,3

Momen Inersia : 0.00015 Kg.m²

Untuk menentukan Konstanta Motor ($K\phi$) diambil beberapa Parameter dari data pengujian sebelumnya yaitu:

- $V_a = 60 \text{ V}$
- $T = 0.05 \text{ Nm}$
- $N = 628 \text{ rpm}$
- $I_a = 0.49 \text{ A}$

Berdasarkan data diatas maka konstanta motor dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2-19).

BAB III

METODE KONTROL CASCADE

3.1. Umum

Dalam sebuah konfigurasi kontrol *Cascade*, satu variable dapat dimanipulasi dan diukur lebih dari satu pengukuran, ini jelas bahwa dengan satu manipulasi kita dapat mengontrol hanya satu keluaran.

Metode kontrol *Cascade* merupakan suatu metode pengontrolan bertingkat dalam hal ini pengontrolan bertingkat pada pengaturan kecepatan Motor DC, dari rangkaian loop tertutup (close loop) pada block *transfer function* dari Motor DC pada software *Matlab Simulink*, saat kondisi *Steady State* dengan berdasarkan pada metodologi penelitian dan hasil parameter-parameter percobaan serta berdasarkan pada kapasitas Motor DC dalam hal ini Motor DC shunt.

Sebagai contoh salah satu penerapan dari metode kontrol *Cascade* adalah (1). Kontrol *Cascade* untuk selubung atau lapisan CSTR dan jenis karakteristik yang digunakan sebagai contoh pada proses kimianya.

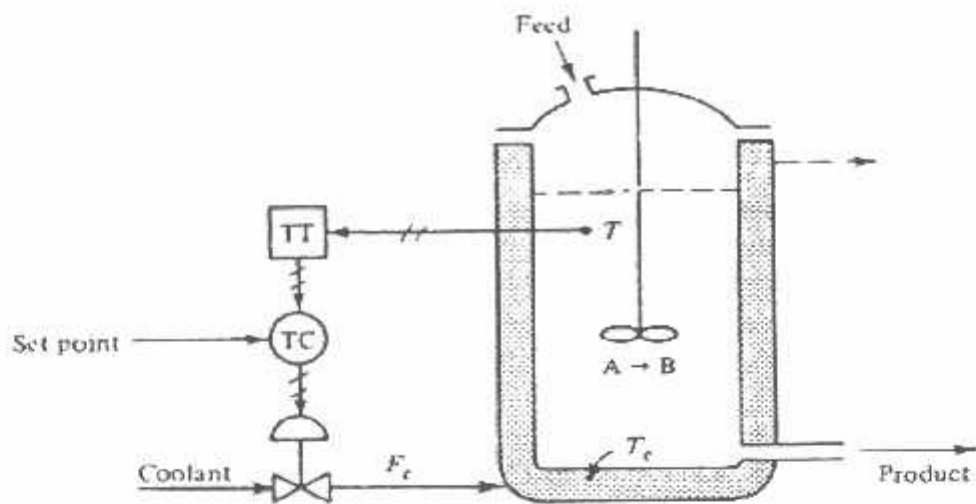
Kontrol umpan balik sederhana. Jika kita menggunakan umpan balik sederhana, kita akan mengambil kontrol konfigurasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.1a (meliputi pengukuran suhu T dan aliran rata-rata pendingin F_c). ini jelas bahwa T akan merespon lebih cepat perubahan pada T_i daripada perubahan T_c . Oleh karena itu, kontrol umpan balik sederhana seperti gambar 3.1a akan sangat efektif pada penyeimbangan perubahan T_i dan kurang efektif pada penyeimbangan perubahan T_c .

Kita dapat meningkatkan respon dari kontrol umpan balik sederhana untuk mengubah suhu pendingin melalui pengukuran T_c dan mengambil aksi kontrol sebelum efek dirasakan oleh reaksi campuran. Seperti itu, jika T_c naik, peningkatan rata-rata aliran dari pendingin untuk memindahkan panas dengan jumlah yang sama. Pengurangan aliran rata-rata pendingin ketika T_c berkurang.

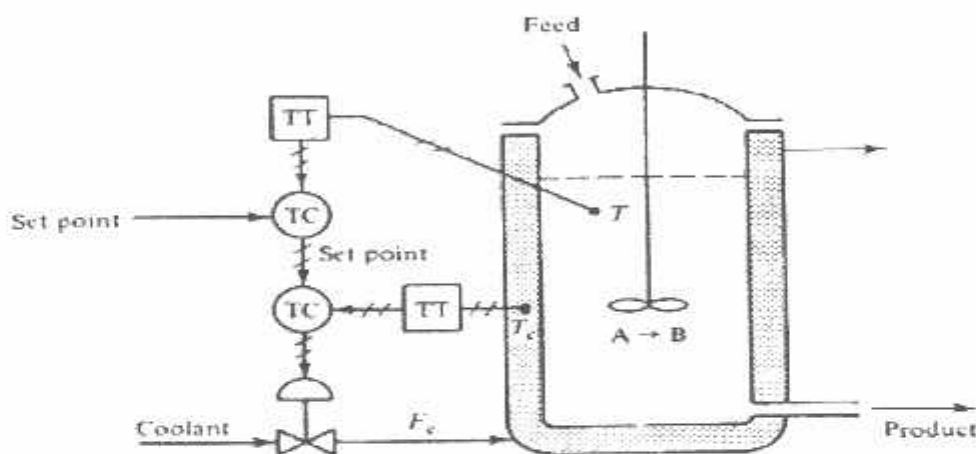
Oleh karena itu, kita dapat mempunyai dua kontrol perulangan menggunakan dua pengukuran berbeda, T dan T_c , tetapi pembagian variabel umum yang dimanipulasi, F_c . Hubungan perulangan ini ditunjukkan pada gambar 3.1b. Dengan catatan :

- a. perulangan pengukuran T (variabel yang dikontrol) dominan, atau yang utama, atau perulangan kontrol master dan penggunaan set poin disediakan oleh operator, ketika
- b. perulangan pengukuran T_c digunakan keluran dari kontroler utama sebagai set poin dan disebut kedua atau perulangan slave.

Konfigurasi kontrol dengan dua perulangan ditunjukkan sebagai kontrol *Cascade* dan sangat umum dalam proses kimia.



(a)



(b)

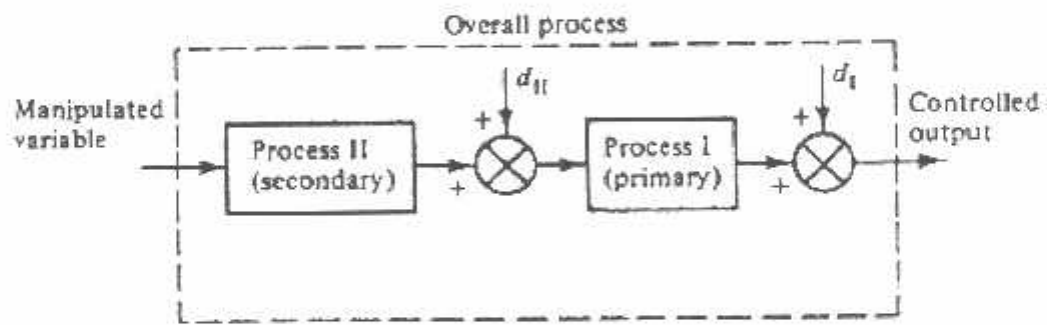
Gambar 3.1 kontrol suhu pada selubung CSTR : (a). umpan balik konvensional (b).cascade

Mempertimbangkan konsistensi proses dari dua bagian, seperti ditunjukkan pada gambar 3.2a : proses I dan proses II. Proses I (utama/primer) mempunyai variabel keluaran yang kita inginkan untuk dikontrol. Proses II (sekunder) mempunyai sebuah keluaran yang tidak membuat kita tertarik pada pengontrolan tetapi mempengaruhi apa yang kita inginkan untuk dikontrol.

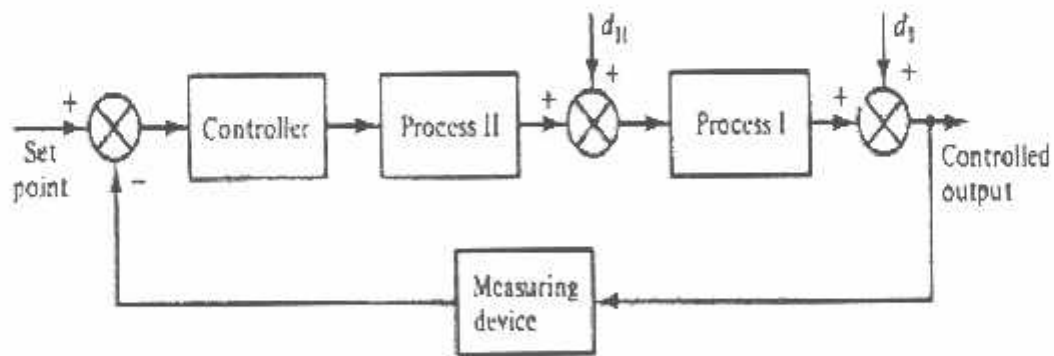
Untuk sistem CSTR dari contoh (2), proses I adalah reaksi pada tangki dan keluaran yang dikontrol adalah suhu T . Proses II adalah selubung dan keluaran T_c , mempengaruhi proses I (reaktor) dan sebagai konsekuensi T .

Gambar 3.2b menunjukkan jenis sistem kontrol umpan balik sederhana, dan gambar 3.2c mengindikasikan format umum dari kontrol *Cascade*. Gambar terakhir mempertunjukkan dengan jelas manfaat utama untuk diperoleh dari kontrol *Cascade* :

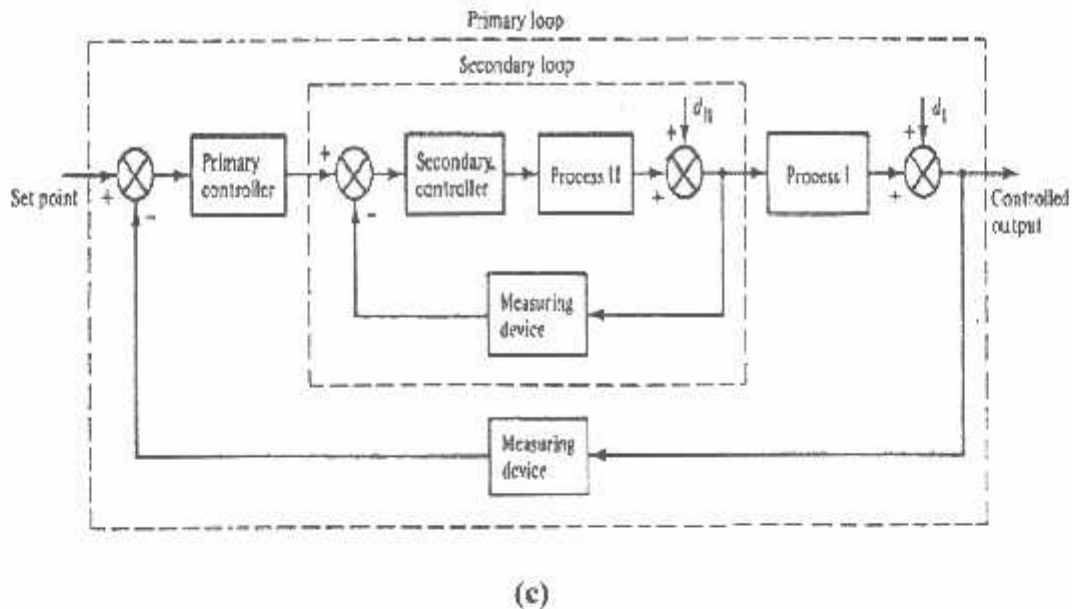
Gangguan yang timbul dalam loop sekunder dikoreksi oleh pengontrol sekunder sebelum mereka dapat mempengaruhi hasil dari keluaran pengontrol primer.



(a)



(b)



Gambar 3.2. Skema representasi dari : (a). proses open-loop; (b). umpan balik konvensional; (c). kontrol cascade

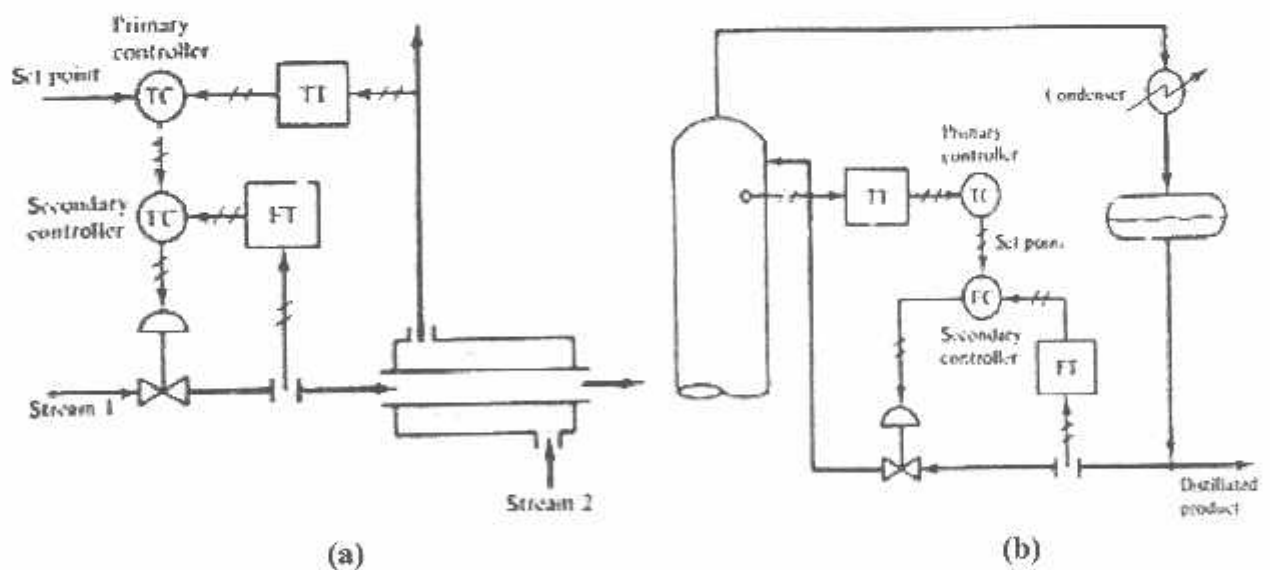
(2). Contoh lain dari penggunaan Metode kontrol *Cascade* untuk bermacam-macam jenis proses system antara lain :

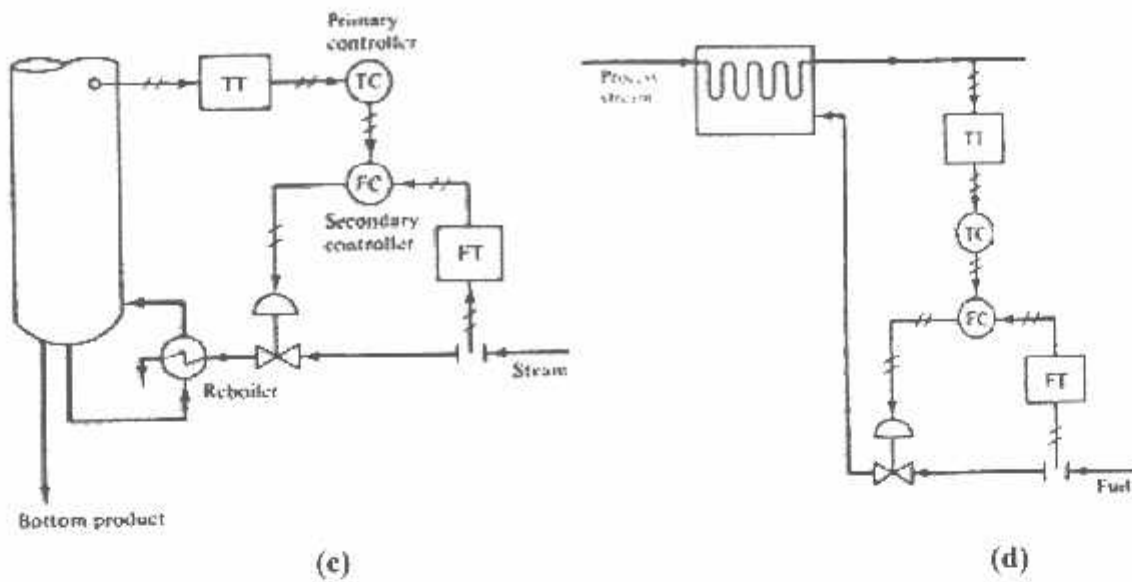
1. Pengubah keluaran panas : konfigurasi jenis ini ditunjukkan pada gambar 3.3a. Sasaran pengendalian dijaga suhu keluarannya dari arus 2 pada hasil yang diinginkan. Loop sekunder digunakan untuk mengganti kerugian pada perubahan arus rata-rata pada arus 1.
2. Kolom penyulingan : kontrol *Cascade* biasanya dipekerjakan untuk meregulasi suhu (dan sebagai konsekuensi pengkonsentran) pada atas atau bawah dari kolom penyulingan. Gambar 3.3b dan c menunjukkan dua macam jenis sistem kontrol *Cascade*. Pada keduanya, loop kedua digunakan untuk mengganti kerugian perubahan arus rata-rata.
3. Tungku perapian : kontrol *Cascade* dapat digunakan untuk meregulasi suhu dari arus proses (contoh : masukan pada reaktor) keluar dari

tungku perapian. Gambar 3.3d menunjukkan hasil dari konfigurasi *Cascade*. Sekali lagi, loop kedua digunakan untuk mengganti kerugian perubahan arus rata-rata (arus rata-rata bahan bakar)

Pesan dari seluruh konfigurasi cascade pada contoh (2) perlu dibaca, loop sekunder digunakan untuk mengganti kerugian perubahan arus rata-rata. Observasi ini sangat umum pada proses kimia yang menyebutkan loop kontrol arus rata-rata hampir selalu ditingkatkan (di-*cascade*-kan) dengan loop kontrol yang lain.

Yang perlu diperhatikan adalah sifat loop tertutup dari sistem kontrol *cascade*. Mempertimbangkan blok diagram dari sistem *cascade* umum seperti pada gambar 3.4a. Untuk menyederhanakan penjelasan, dapat diasumsikan bahwa fungsi transfer dari pengukuran alat keduanya sepadan dengan 1.





Gambar 3.3. contoh-contoh dari kontrol cascade untuk : (a). heat exchanger; (b),(c). kolom destilasi; (d). proses perapian

Respon loop tertutup dari loop primer dipengaruhi oleh dinamik dari loop kedua, dimana fungsi transfer loop terbuka adalah

$$G_{\text{sekunder}} = G_{c,II} G_{p,II} \quad (20.1)$$

Stabilitas dari loop sekunder ditentukan oleh akar dari penyamaan karakteristik :

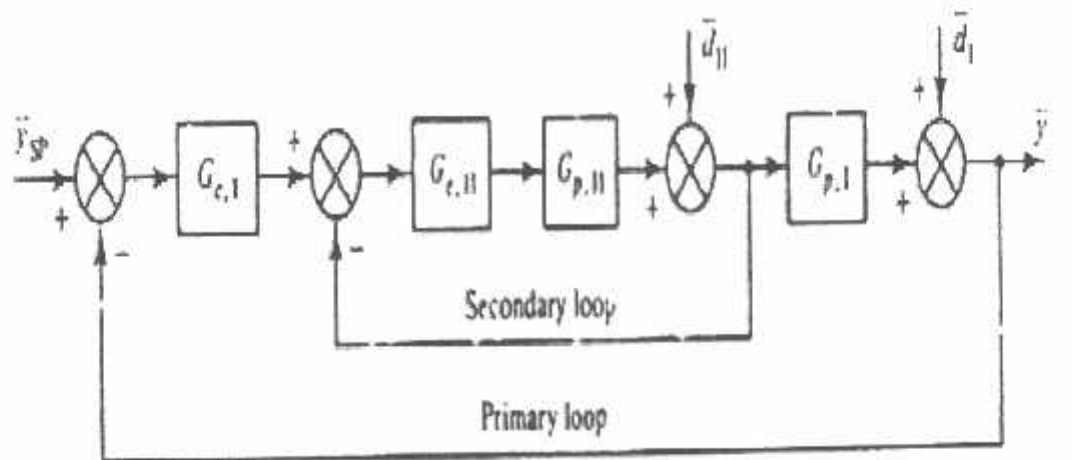
$$1 + G_{c,II} G_{p,II} = 0 \quad (20.2)$$

Gambar 3.4b menunjukkan form sederhana dari blok diagram umum (gambar 3.4a), dimana loop kedua mempunyai fungsi transfer :

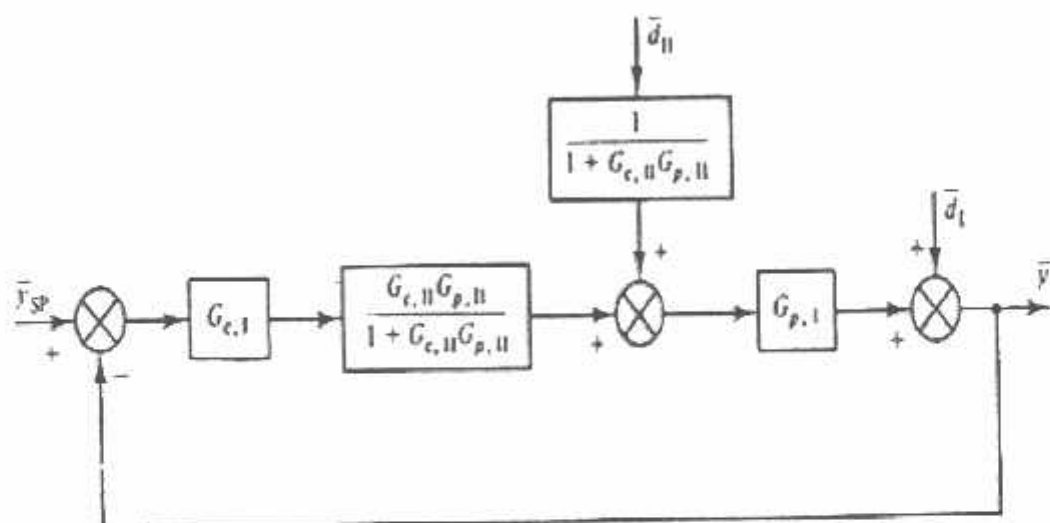
$$G_{\text{primer}} = G_{c,I} \left(\frac{G_{c,II} G_{p,II}}{1 + G_{c,II} G_{p,II}} \right) G_{p,I}$$

dan sebagai konsekuensi persamaan karakteristik dimana akar yang ditentukan stabilitas pada loop primer sebagai berikut :

$$1 + G_{c,I} \left(\frac{G_{c,II} G_{p,II}}{1 + G_{c,II} G_{p,II}} \right) G_{p,I} = 0$$



(a)



(b)

Gambar 3.4 (a). blok diagram dari sistem kontrol cascade; (b). penyederhanaan, tetapi formatnya ekuivalen

Keterangan :

1. Dua pengontrol dari sistem kontrol Cascade adalah pengontrol umpan balik standar (seperti P, PI, PID). Umumnya, pengontrol sebanding digunakan untuk loop sekunder, meskipun pengontrol PI dengan aksi integral kecil tidaklah tidak biasa. Banyak offset dikarenakan oleh kontrol loop sekunder

tidak penting sejak kita tidak tertarik pada keluaran pengontrol pada proses kedua.

2. Dinamikan dari loop sekunder lebih cepat daripada banyak loop primer. Sebagai konsekuensi, fase lag dari loop tertutup sekunder akan berkurang daripada loop primer. Petunjuk ini mengarahkan untuk mengikuti hasil penting, dimana dasar yang paling masuk akal digunakannya kontrol *Cascade* : penyebrangan frekuensi untuk loop sekunder lebih tinggi daripada loop primer. Ini mengijinkan kita menggunakan keuntungan besar pada pengontrol sekunder dalam rangka mengatur efek dari suatu gangguan lebih efektif pada loop sekunder tanpa membahayakan stabilitas sistem.
3. Penyetelan dari kedua pengontrol dari proses sistem kontrol *Cascade* mempunyai dua tahap :
 - (a) Pertama, menentukan pengesetan dari pengontrol sekunder menggunakan satu metode yang kita pelajari yaitu metode *Cohen-Coon* atau *Ziegler-Nichols* atau kriteria integral waktu pekerjaan atau fasa dan keuntungan pertimbangan ujung. Fungsi transfer loop terbuka dapat kita gunakan untuk pengontrol sekunder yang diberikan contoh (1).
 - (b) Kedua, dari plot Bode pada sistem keseluruhan kita menentukan penyeberangan frekuensi penggunaan pengaturan dari loop sekunder yang kita temukan. Kemudian, penggunaan teknik respon frekuensi yang diuraikan, kita memilih penyetelan untuk pengontrol primer.

Fungsi transfer loop terbuka dari loop primer, dibutuhkan untuk konstruksi dari plot Bode, yang diberikan pada contoh (3).

(3). Karakteristik dinamika dari sistem kontrol *Cascade*

Mempertimbangkan proses dengan mengikuti fungsi transfer dari elemen primer dan sekunder :

$$G_{p,I} = \frac{1}{(0,5s+1)(s+1)} \quad \text{dan} \quad G_{p,II} = \frac{1}{0,1s+1}$$

Proses sekunder lebih cepat daripada primer, dapat kita lihat dari koresponding dari waktu konstan.

Kontrol umpan balik sederhana. Kita menggunakan kontrol umpan balik sederhana, fungsi transfer loop terbuka dengankontrol PI ($\tau_i = 1$) akan menjadi

$$G_{c,I} G_{p,II} G_{p,I} = K_{c,I} \left(1 + \frac{1}{s} \right) \frac{1}{(0,1s+1)} \frac{1}{(0,5s+1)(s+1)}$$

Penyeberangan frekuensi dapat ditemukan dari persamaan yang menyatel fasa lag total menghasilkan -180° :

$$\tan^{-1} \left(\frac{-1}{\omega_{CO}} \right) + \tan^{-1} - 0,1 \omega_{CO} + \tan^{-1} - 0,5 \omega_{CO} + \tan^{-1} \omega_{CO} = -180^\circ$$

Dan hasilnya adalah :

$$\omega_{CO} = 4,45 \text{ rad / min}$$

Juga, rasio amplitude keseluruhan diberikan :

$$AR = K_{c,I} \sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2}} \frac{1}{\sqrt{(0,1\omega)^2 + 1}} \frac{1}{\sqrt{(0,5\omega)^2 + 1} \sqrt{\omega^2 + 1}}$$

Hasil terakhir dari keuntungan $K_{c,I}$ dapat ditemukan kondisi

$$AR = 1 \text{ pada } \omega = \omega_{c,D}$$

Seperti itu

$$1 = K_{c,I} \sqrt{1 + \frac{1}{(4,45)^2}} \frac{1}{\sqrt{(0,1 \cdot 4,45)^2 + 1}} \frac{1}{\sqrt{(0,5 \cdot 4,45)^2 + 1} \sqrt{(1 \cdot 4,45)^2 + 1}}$$

Dan kita menemukan

$$K_{c,I} = 11,88$$

Oleh karena itu, ketika gangguan d_{II} (dari proses sekunder) berubah, pengontrol umpan balik sederhana dapat digunakan gangguan tinggi sampai 11.88 sebelum sistem menjadi tidak stabil. Juga, diberikan fakta bahwa proses keseluruhan dari 3 pesanan, kita harapkan respon loop terbuka dari $y(t)$ untuk mengubah d_{II} akan agak berkurang.

Mempertimbangkan sistem kontrol *Cascade* yang mirip dari gambar 3.4a . fungsi transfer loop terbuka untuk loop sekunder diberikan contoh (1) dan diasumsikan pengontrol perbandingan sederhana, kita menemukan bahwa :

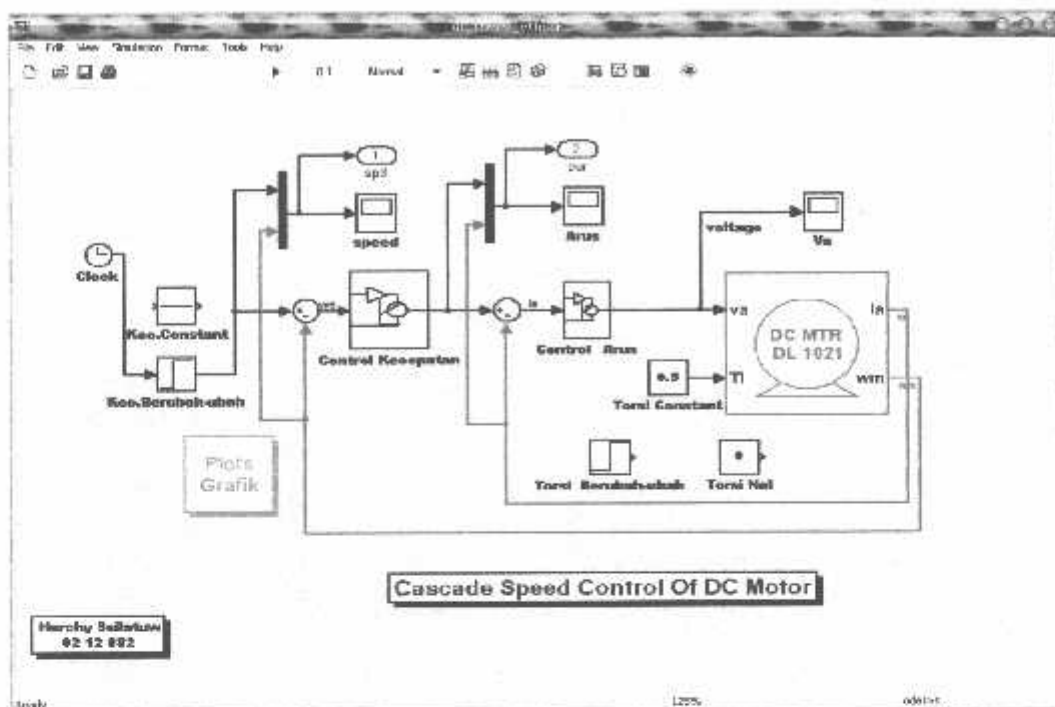
$$G_{c,II} G_{p,II} = K_{c,II} \frac{1}{0,1s + 1}$$

Tidak ada penyeberangan frekuensi untuk pengontrolan loop sekunder. Oleh karena itu, kita dapat menggunakan hasil yang besar dari keuntungan $K_{c,II}$, dimana menghasilkan respon loop terbuka lebih cepat, untuk mengganti kerugian untuk perubahan gangguan yang timbul di dalam proses sekunder.

Satu yang kita pilih dari hasil $K_{c,II}$ untuk loop terbuka, kita dapat menemukan penyeberangan frekuensi fungsi transfer loop terbuka secara keseluruhan yang diberikan pada contoh (3). Kemudian kita dapat memilih hasil dari $K_{c,I}$ untuk pengontrol primer, menggunakan metode *Ziegler-Nichols*. Ketenangan sering tidak akan mengambil keputusan memilih $K_{c,II}$ yang besar tetapi memilih koordinasi itu menghasilkan dari $K_{c,I}$.

3.2. Block Simulink Kontrol Cascade Motor DC

Melihat dari pemaparan contoh penerapan Sistem Control cascade diatas dimana Dalam sebuah konfigurasi control cascade, satu variable dapat dimanipulasi dan diukur lebih dari satu pengukuran, ini jelas bahwa dengan satu manipulasi kita dapat mengotrol hanya satu keluaran, maka secara umum pengontrol kecepatan Motor DC dengan menggunakan kontrol cascade dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 . Model Simulink Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Metode Control Cascade

Metode kontrol Cascade merupakan suatu metode pengontrolan bertingkat dalam hal ini pengontrolan bertingkat pada pengaturan kecepatan motor DC dari rangkaian loop tertutup (Close loop) pada blok *transfer function* dari motor DC pada software matlab simulink saat kondisi steady state dengan berdasarkan pada metodologi penelitian dan hasil parameter-parameter percobaan serta berdasarkan pada kapasitas motor DC dalam hal ini motor DC shunt.

Pada gambar 3.5 dalam pengaturan kecepatan terdapat dua kontrol utama yaitu; kontrol kecepatan dan kontrol arus, kedua kontrol ini merupakan kontrol cascade dari block Simulink Pengaturan Kecepatan Motor DC, dimana terdapat umpan balik (*feed back*) pada block Motor DC terhadap block kontrol arus dan kontrol kecepatan dalam suatu rangkaian loop tertutup.

3.3. Algoritma Pemograman

3.3.1. Algoritma Pemecahan Masalah Secara Umum.

1. Pengujian Parameter Motor DC
2. Membentuk Block Simulink Motor DC Berdasarkan *Transfer Function*
3. Memasukan Parameter Motor DC dan Setting Kecepatan Referensi untuk Motor DC.
4. Menjalankan Simulasi Motor DC Dengan Kecepatan Referensi yang telah ditentukan.
5. Menampilkan Hasil Simulasi, Arus Jangkar, Kecepatan, Tegangan Jangkar.

3.3.2. Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum.



Gambar 3.5 . Flowchart Pemecahan Masalah Secara Umum.

BAB IV
ANALISA PARAMETER MOTOR
DAN HASIL SIMULASI

Untuk menentukan parameter dari Motor DC yang akan dianalisa maka dapat dilakukan dengan mengambil parameter dengan melakukan pengujian.

4.1. Pengujian Parameter Motor

Pengujian untuk mencari parameter Motor DC dalam hal ini Motor DC Shunt Penguatan terpisah dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang.

4.1.1. Alat-Alat Yang Dipergunakan Dalam Pengujian.

1. Motor DC SHUNT DE LORENZO/DL 1022

Data papan (*Name-Plate*)

TEGANGAN JANGKAR (V_a)	: 220 VOLT
ARUS JANGKAR (I_a)	: 6.5 AMPERE
FREKUENSI	: 50 HZ
DAYA	: 1.1 KW
PUTARAN	: 3000 RPM
TEGANGAN MEDAN (V_f)	: 190 VOLT
ARUS MEDAN (I_f)	: 0.38 A

2. Voltmeter DE LORENZO DL 1031
3. Amperemeter DE LORENZO DL 1031
4. Wattmeter DE LORENZO DL 1031
5. Tachometer DE LORENZO 2026
6. DC Supply DE LORENZO 1013 M2
7. Current Break DE LORENZO

4.1.2 Data Hasil Pengujian Motor DC Shunt Penguatan Terpisah.

Dari hasil pengujian Motor DC Shunt penguatan terpisah yang dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang didapatkan hasil pengujian parameter Motor DC sebagai berikut :

Tabel 4-1

Data Hasil Pengujian Parameter Motor DC Penguatan Terpisah

V _a (V)	T (Nm)	N (rpm)	I _a (A)	R _a (Ω)	L _a (H)	R _f (Ω)	L _f (H)
60	0.05	628	0.49	4.0	0,0032	422	3,3

Momen Inersia : 0.00015 Kg.m²

4.1.3 Menentukan Konstanta Motor ($K\phi$)

Untuk menentukan konstanta motor ($K\phi$) diambil beberapa parameter dari data pengujian sebelumnya yaitu:

- V_a = 60 V
- T = 0.05 Nm
- N = 628 rpm
- I_a = 0.49 A
- R_a = 4.0 Ω

Berdasarkan data diatas maka konstanta motor ($K\phi$) dapat dihitung sesuai persamaan (2-19).

$$\omega = \frac{V_a - I_a \cdot R_a}{(K \cdot \phi)}$$

Dimana $N = 628$ rpm

$$\text{Maka } \omega = 628 \cdot \frac{2\pi}{60} = 65,73 \text{ rad/sec}$$

$$65,73 = \frac{60 - 0,49 \cdot 4}{(K \cdot \phi)}$$

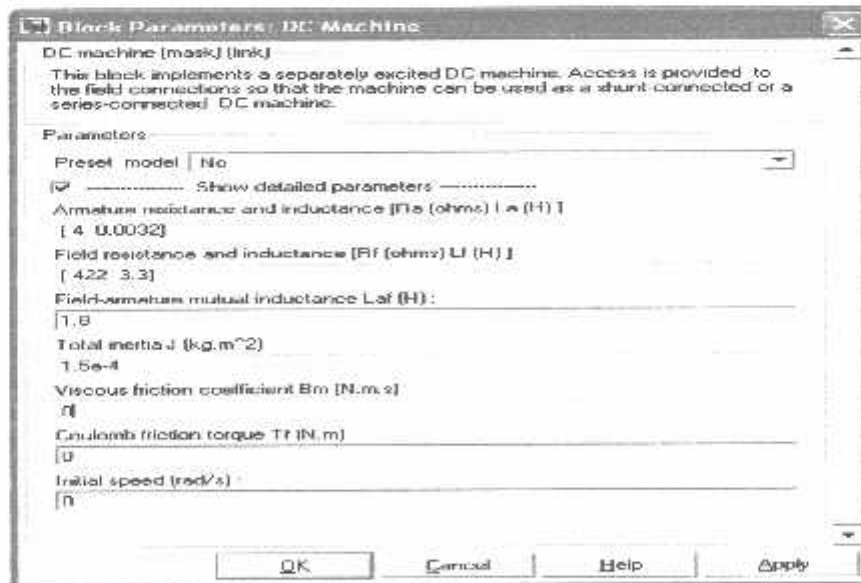
$$K \cdot \phi = \frac{60 - 0,49 \cdot 4}{65,73}$$

$$= 0,88$$

4.2. Simulasi Motor DC Pada *Software* Matlab Simulink

4.2.1. Tampilan Pengujian Parameter Motor DC

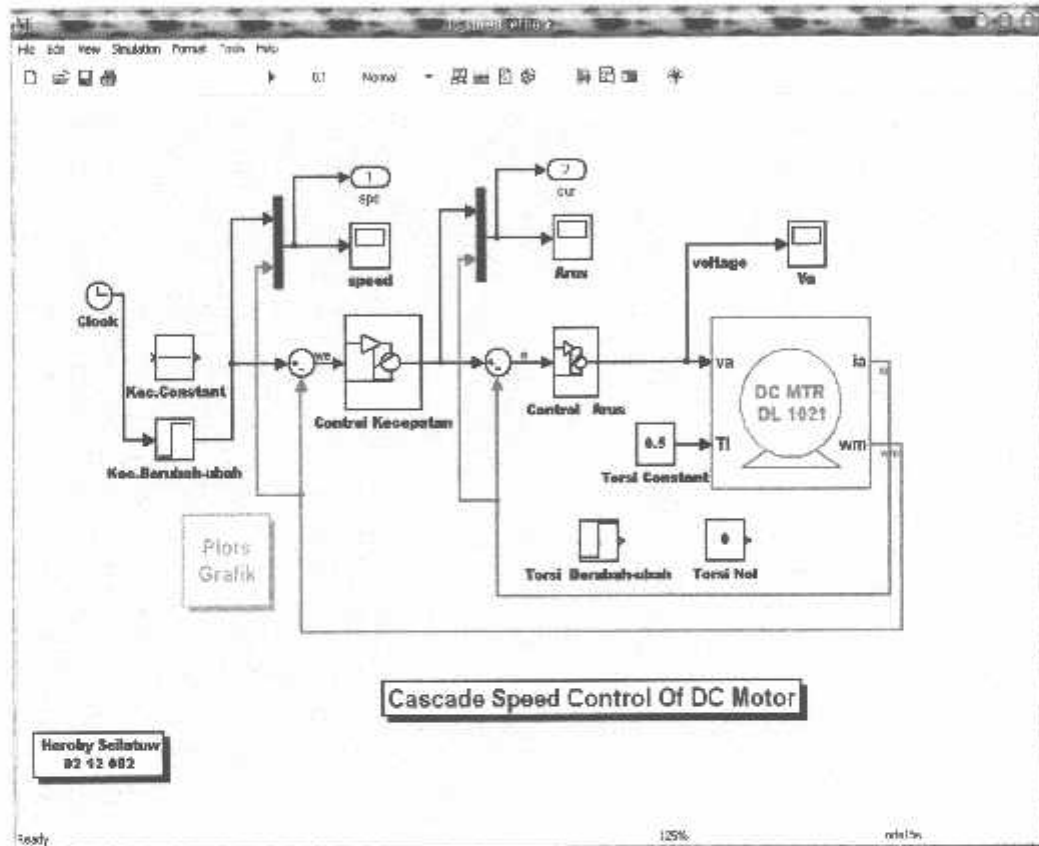
Berdasarkan Kapasitas Motor DC shunt penguatan terpisah yang terdapat pada *name plate* Motor DC serta hasil pengujiannya parameter Motor DC shunt penguatan terpisah maka dibuat blok tampilan parameter Motor DC pada *software* Matlab 7.0, sebagai berikut :



Gambar 4.1 . Block Parameter Motor DC

4.2.2. Pemodelan Sistem

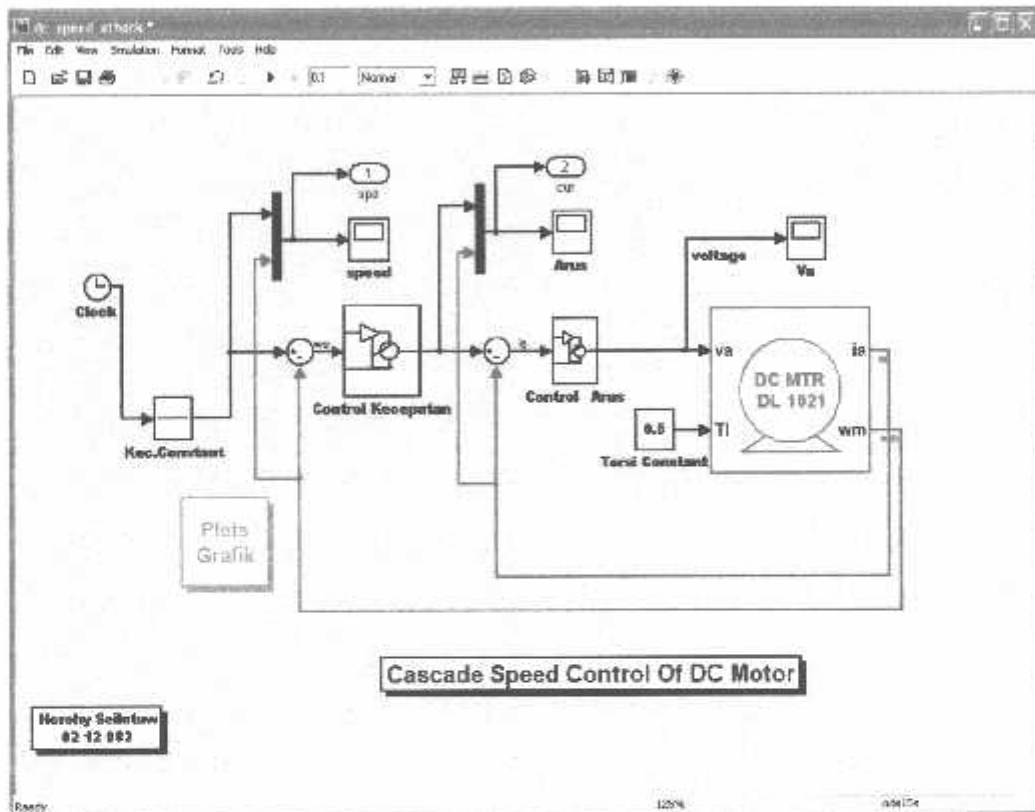
Berdasarkan parameter-parameter diatas dibuat model simulasi sistem pengontrolan kecepatan Motor DC dengan Metode kontrol *Cascade* secara lengkap sebagai berikut



Gambar 4.2. Model Block Simulink Pengaturan Kecepatan Motor DC dengan Metode Kontrol Cascade

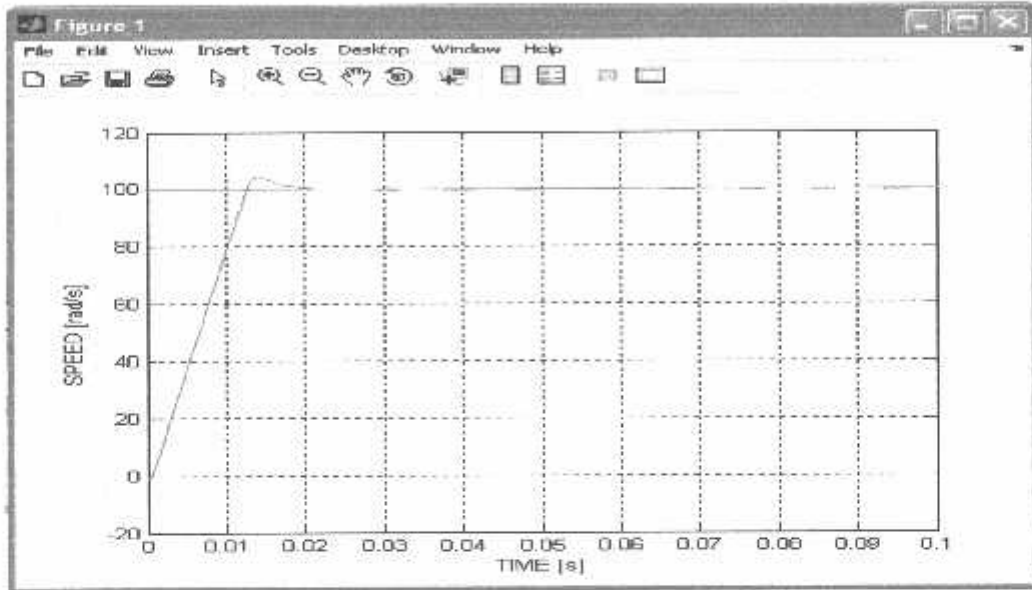
4.3. Hasil Simulasi

4.3.1. Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Konstant



Gambar 4.3. Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan

1) Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Konstant



Gambar 4.4. Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan

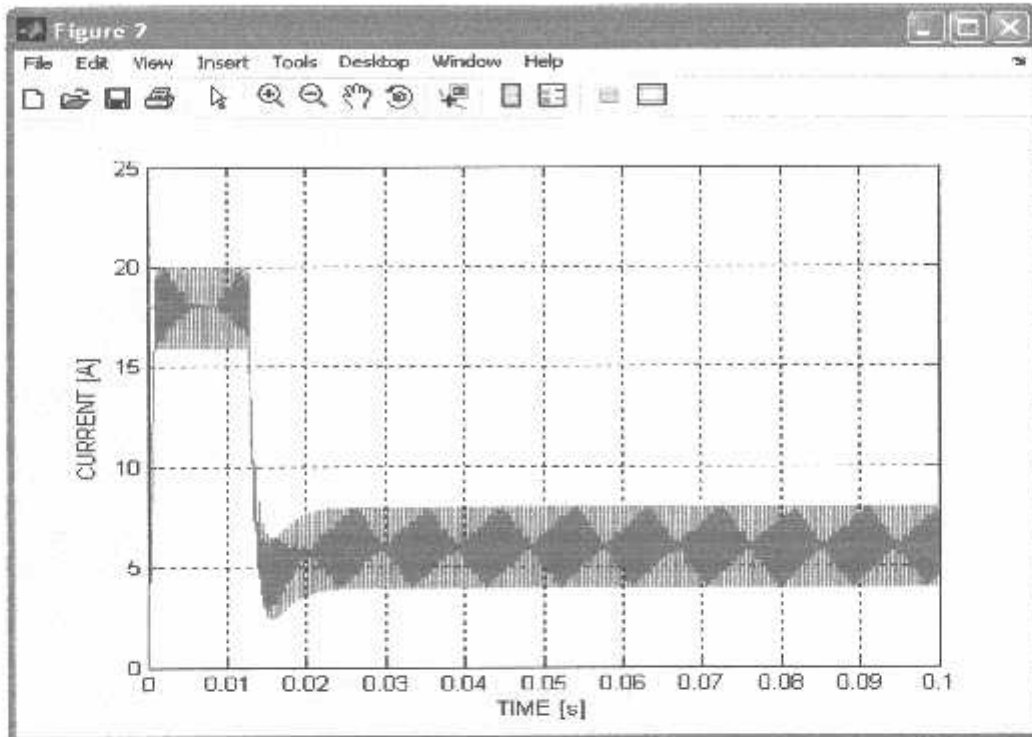
Keterangan :

- : Kecepatan Konstan pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.
- - - : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan Referensi yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ s pada gambar simulasi dimana kondisi kecepatan konstan adalah 100 rad/sec.
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- Ketika torsi beban konstan, motor mengalami transient dari $t = 0$ sampai $t = 0.02$ s. setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.02$ s sampai $t = 0.1$ s.

2) Arus Jangkar Pada Torsi Beban Konstant



Gambar 4.5. Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Pada Torsi Beban Konstan

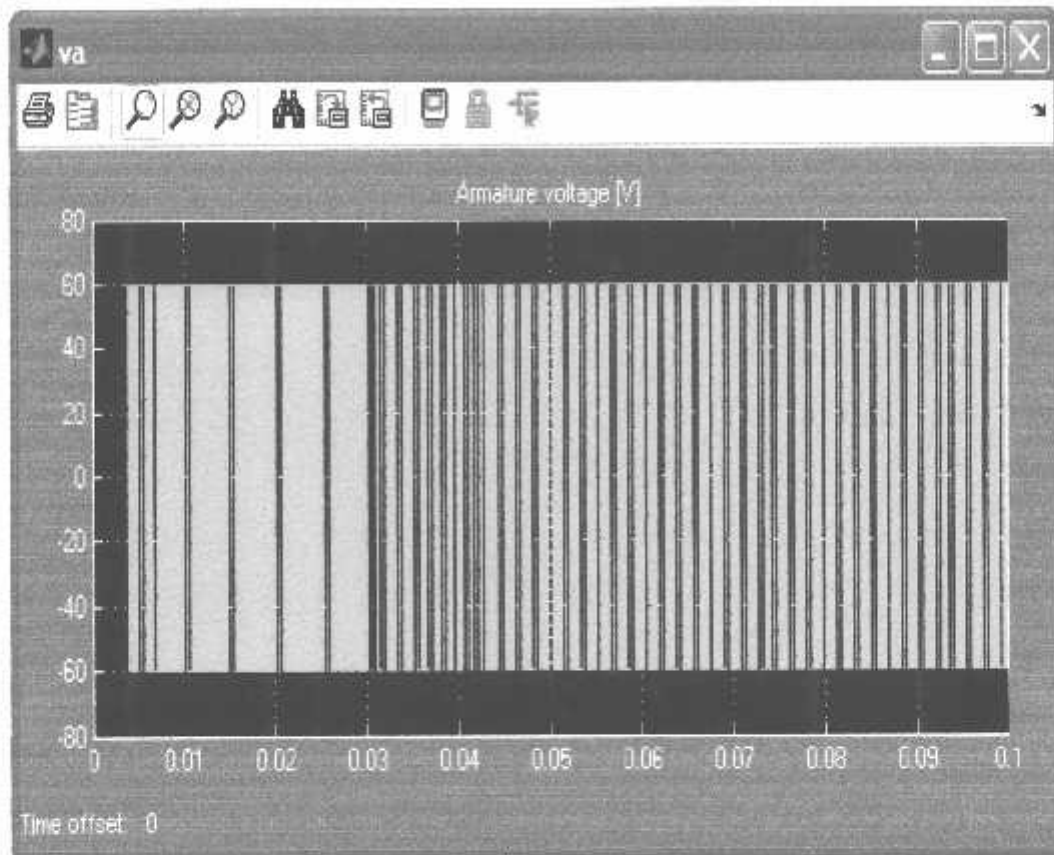
Keterangan :

— : Arus Jangkar pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.

— : Arus Jangkar Motor Setelah Diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar terlihat bahwa arus jangkar motor setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan referensi 100 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

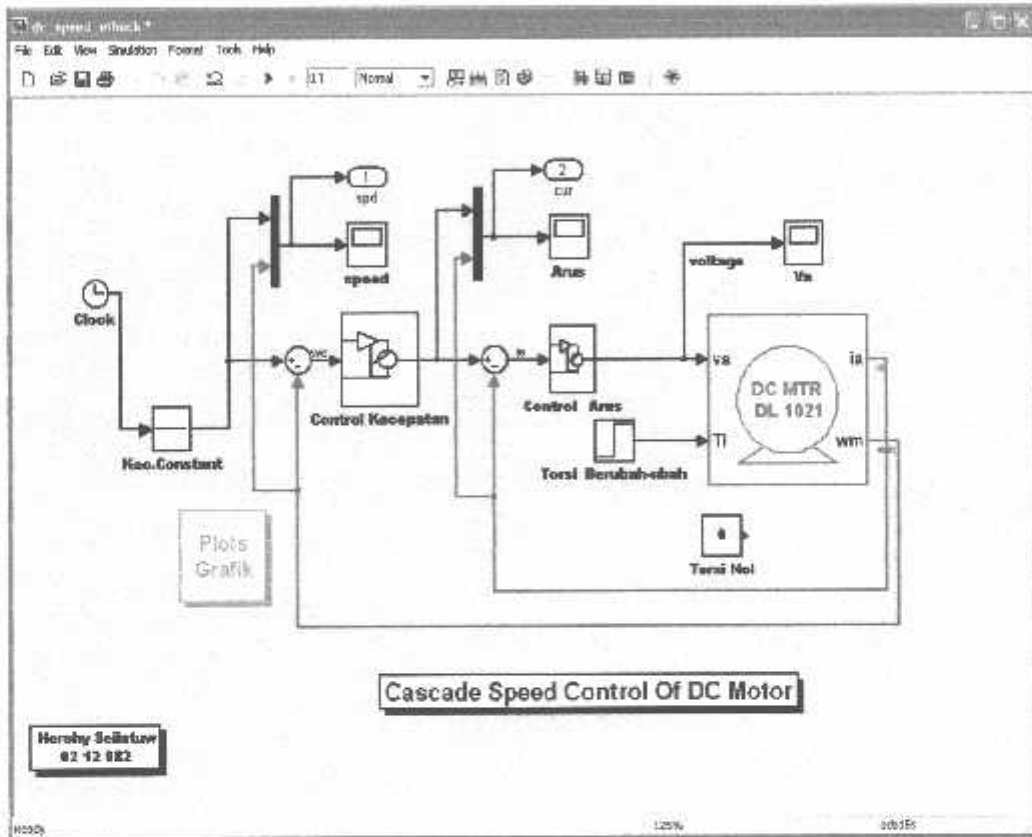
3) Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (Va)



Gambar 4.6 . Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Konstant dengan Torsi Beban Konstan

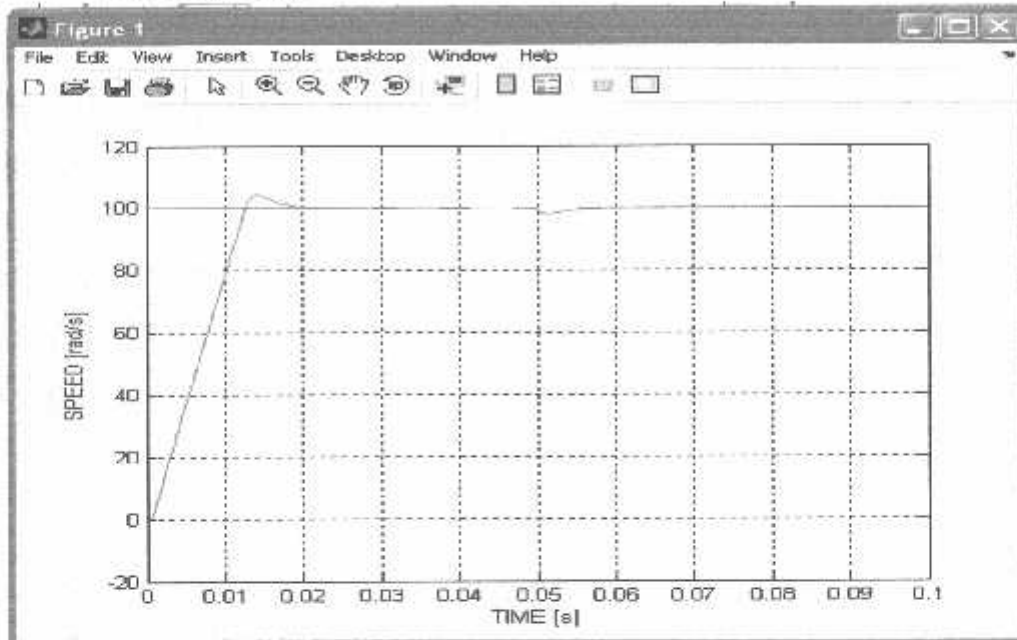
Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 100 rad/sec, dengan torsi beban konstan. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t=0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 Volt.

4.3.2. Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Berubah – Ubah



Gambar 4.7 . Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

1) Hasil Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Berubah –Ubah



Gambar 4.8 . Hasil Smulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

Keterangan :

— :Kecepatan Konstan pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.

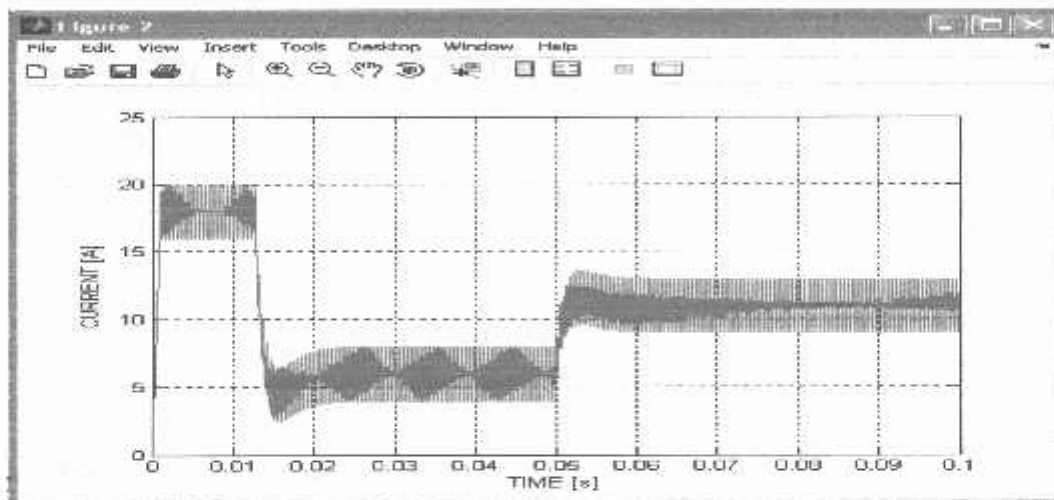
- - - : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan Referensi yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ s pada gambar simulasi dimana kondisi kecepatan konstan adalah 100 rad/sec.
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

- Ketika torsi beban berubah-ubah motor mengalami transient dari $t = 0$ sampai $t = 0.02s$, setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.02s$ sampai $t = 0.05s$, dan terjadi transient lagi pada $t = 0.05s$ sampai $t = 0.055s$, setelah itu menjadi stabil lagi pada $t = 0.055s$ sampai $t = 0.1s$

2) Arus jangkar pada Torsi Beban Yang berubah-ubah



Gambar 4.9 . Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Pada Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

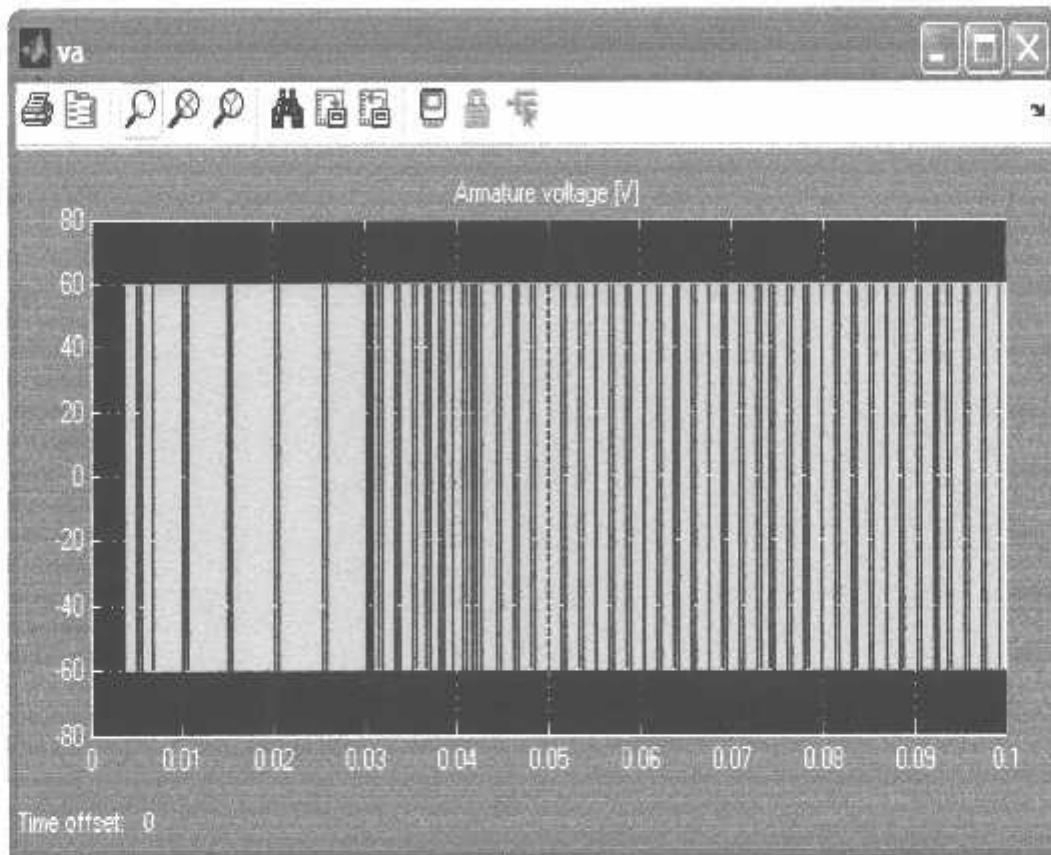
Keterangan :

- : Arus Jangkar pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.
- : Arus jangkar Motor Setelah

Diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar terlihat bahwa arus jangkar motor dengan torsi beban berubah-ubah setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan referensi 100 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

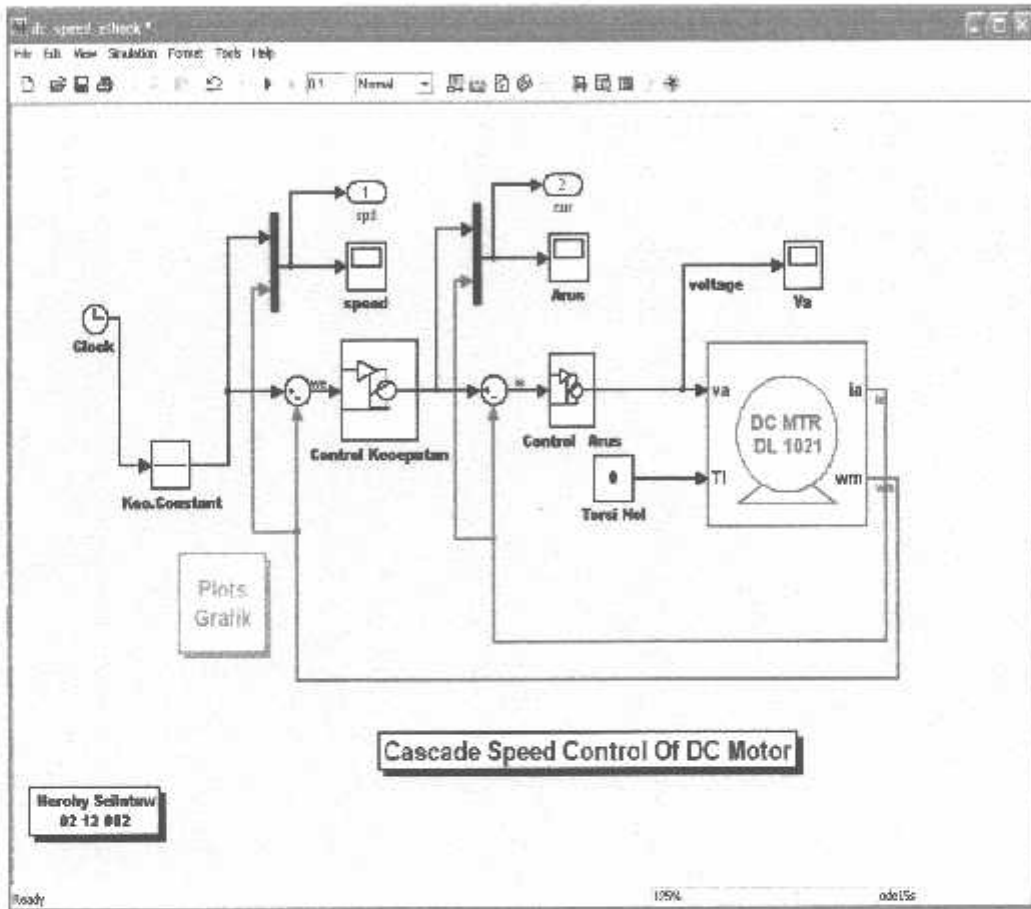
3) Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (V_a)



Gambar 4.10 . Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Konstant dengan Torsi Beban yang Berubah-Ubah

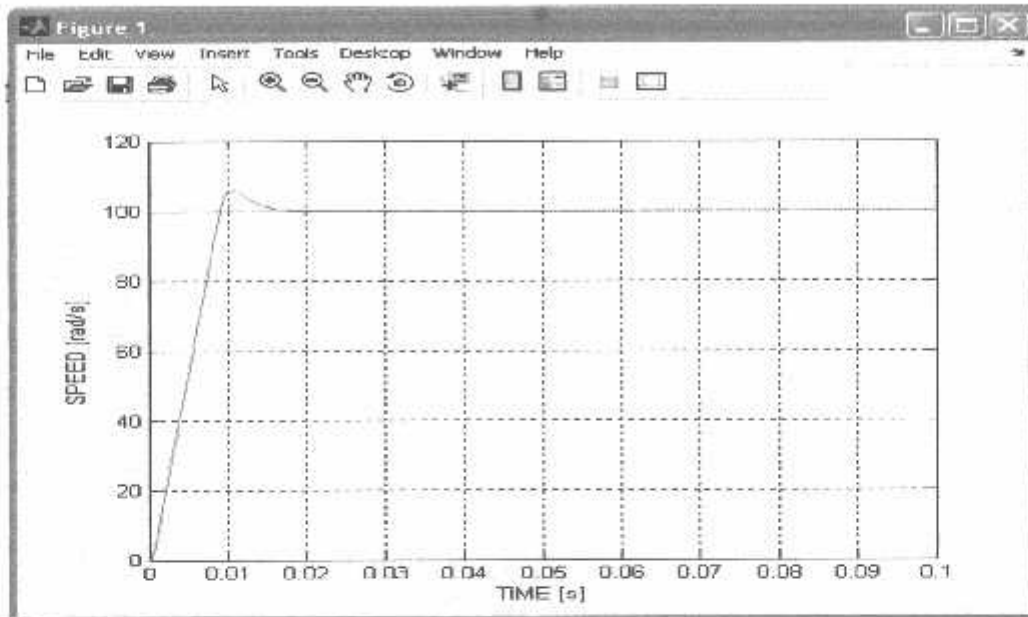
Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 100 rad/sec, dengan torsi beban yang berubah-ubah. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t=0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 Volt.

4.3.3. Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi Yang Diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Nol



Gambar 4.11 . Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Nol.

1) Hasil Simulasi Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi Yang Diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Nol



Gambar 4.12. Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Nol

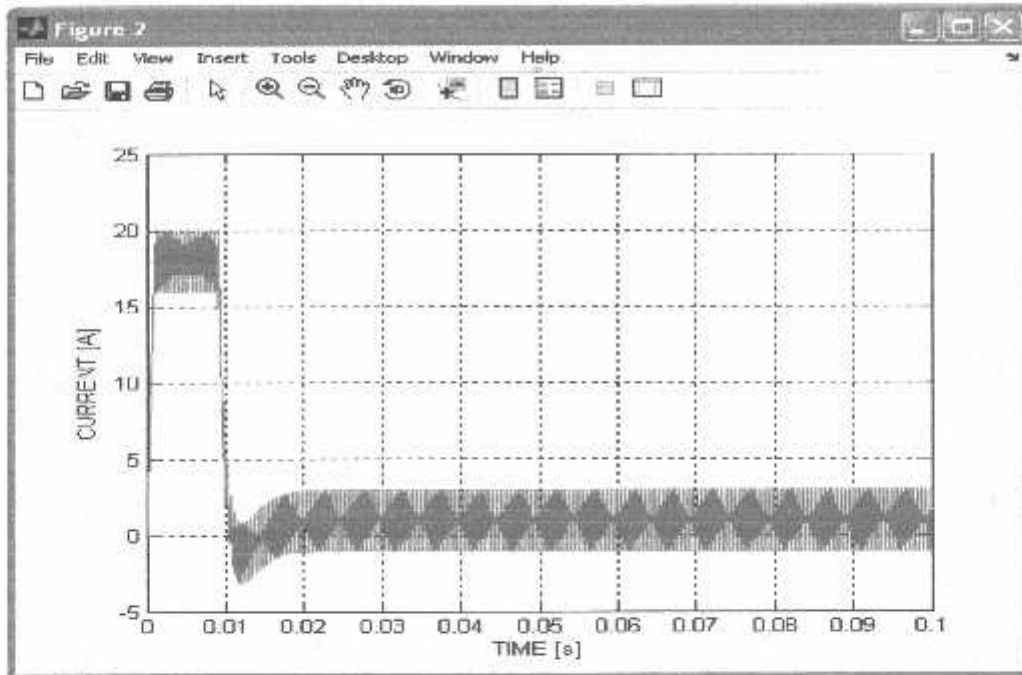
Keterangan :

- : Kecepatan Konstan pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.
- : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan Referensi yaitu padat = 0 sampai $t = 0.1s$ pada gambar simulasi dimana kondisi kecepatan konstan adalah 100 rad/sec.
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.
- Ketika torsi beban nol motor mengalami transient dari $t = 0$ sampai $t = 0.02s$. setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.02s$ sampai $t = 0.1s$.

2) Hasil Simulasi Arus jangkar pada Torsi Beban Nol



Gambar 4.13 . Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Pada Torsi Beban Nol

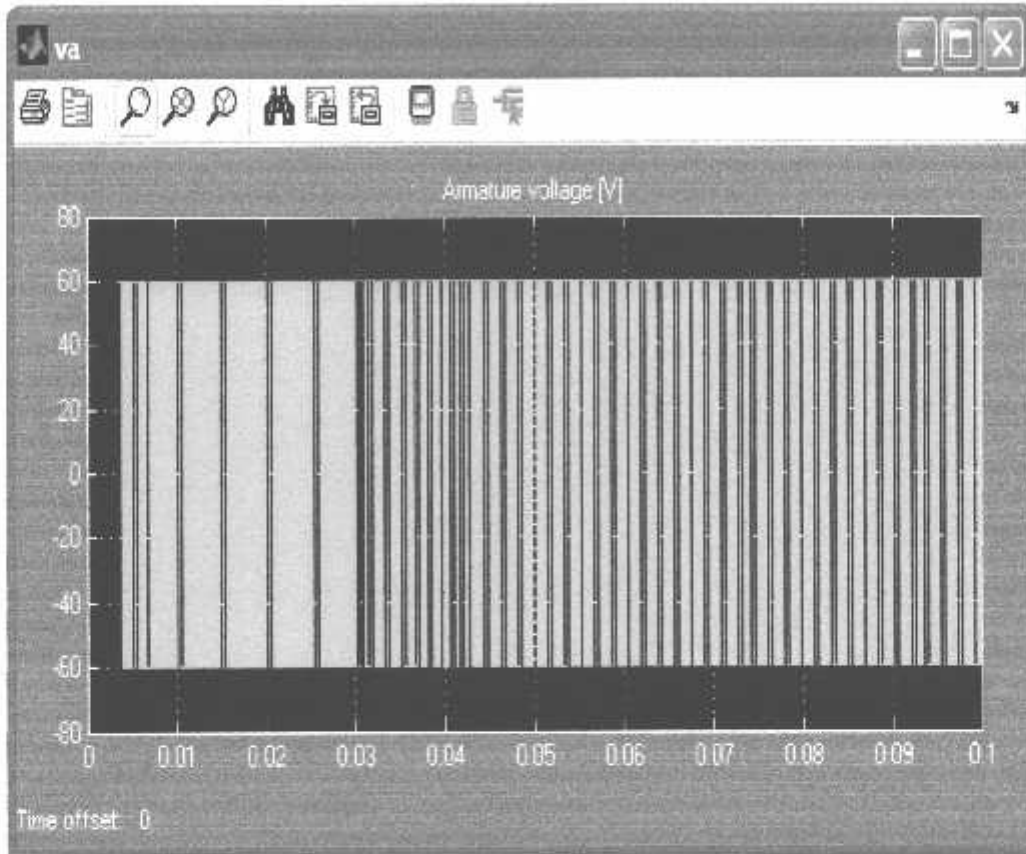
Keterangan :

— : Arus Jangkar pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.

- - - : Arus jangkar Motor Setelah diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar terlihat bahwa arus jangkar motor dengan torsi beban nol setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan referensi 100 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ s

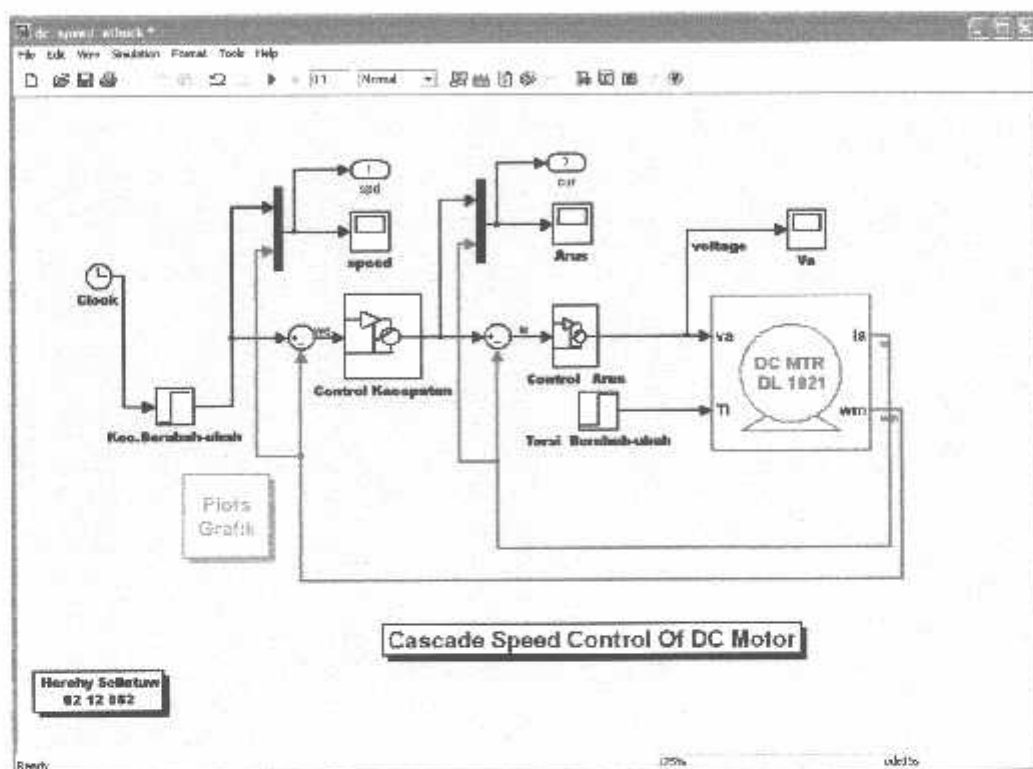
3) Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (V_a)



Gambar 4.14 . Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk kondisi kecepatan konstant dengan torsi beban Nol

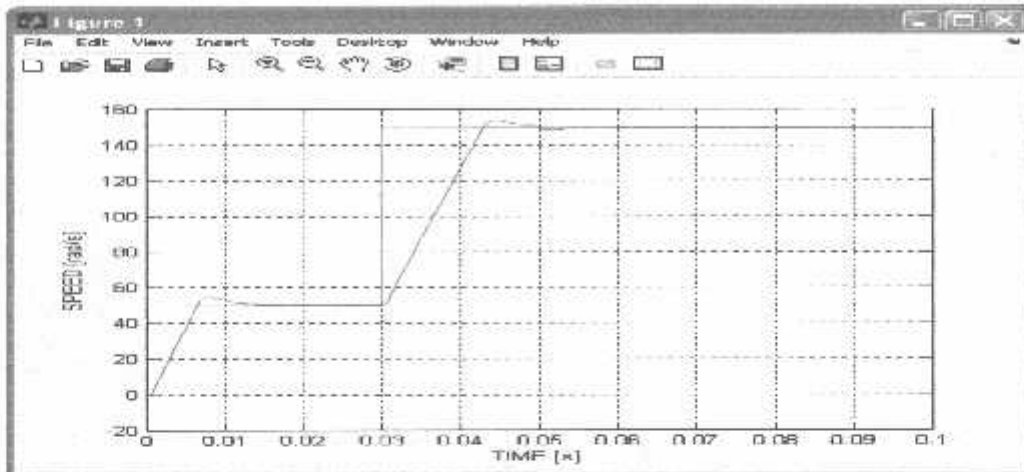
Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 100 rad/sec, dengan torsi beban nol. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 Volt.

4.3.4. Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi beban Berubah –Ubah.



Gambar 4.15. Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

- 1) Hasil Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi beban Berubah –Ubah



Gambar 4.16 . Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

Keterangan :

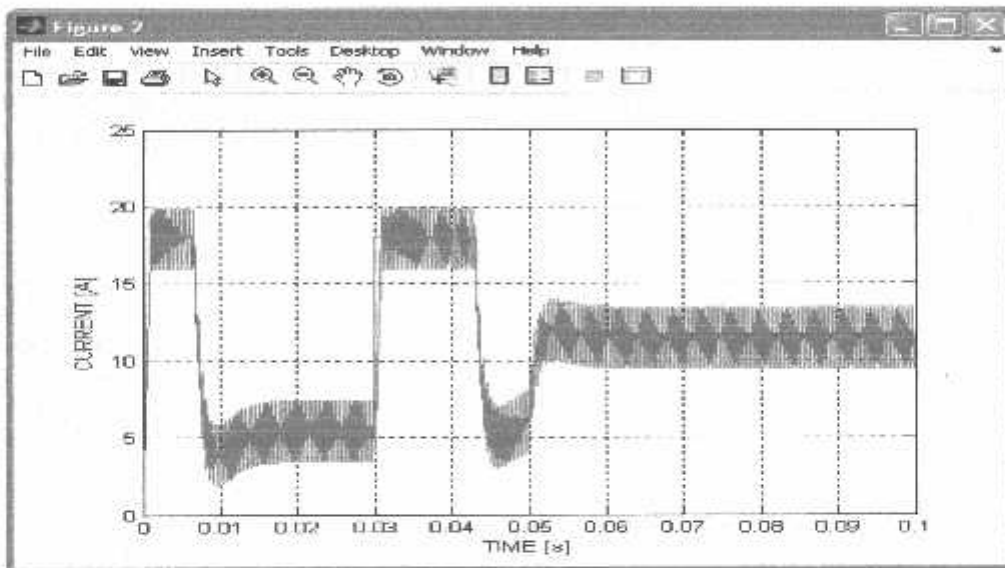
- : Kecepatan Berubah-ubah pada Kecepatan 50 Rad/Sec. naik menjadi 150 Rad/sec.
- : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan berubah-ubah yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.03$ s pada gambar simulasi dimana kondisi torsi beban berubah-ubah adalah 50 rad/sec. naik menjadi 150 rad/sec. pada $t = 0.03$ sampai $t = 0.1$ s
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

- Ketika torsi beban berubah-ubah motor mengalami transient dari $t = 0$ sampai $t = 0.015s$, setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.015s$ sampai $t = 0.03s$, dan terjadi transient lagi pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.055s$, setelah itu menjadi stabil lagi pada $t = 0.055s$ sampai $t = 0.1s$

2) Arus jangkar pada Torsi Beban Yang berubah - ubah



Gambar 4.17 . Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Torsi Beban Yang Berubah-Ubah

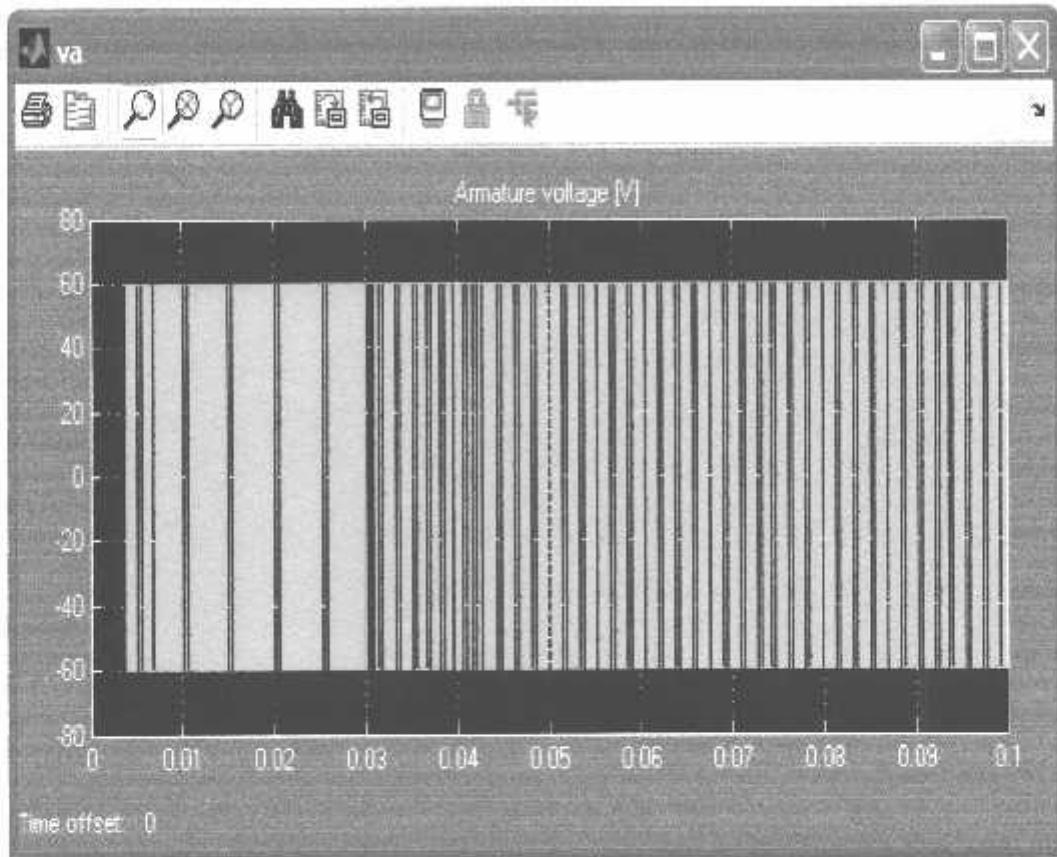
Keterangan :

— : Arus Jangkar pada Kecepatan berubah-ubah 50 Rad/Sec. naik menjadi 150 rad/sec.

— : Arus jangkar Motor Setelah diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar dengan torsi beban berubah-ubah terlihat bahwa arus jangkar motor setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan berubah-ubah pada 50 rad/sec, naik menjadi 150 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

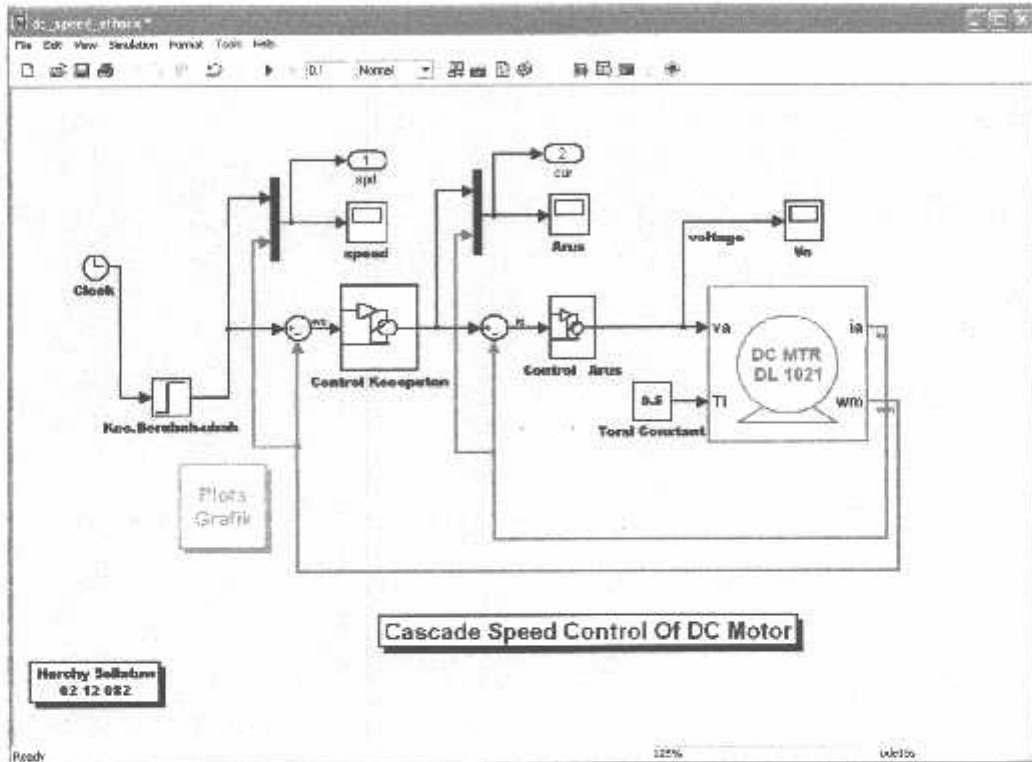
3) Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (Va)



Gambar 4.18 . Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk kondisi kecepatan Berubah-Ubah dengan torsi beban Berubah-Ubah

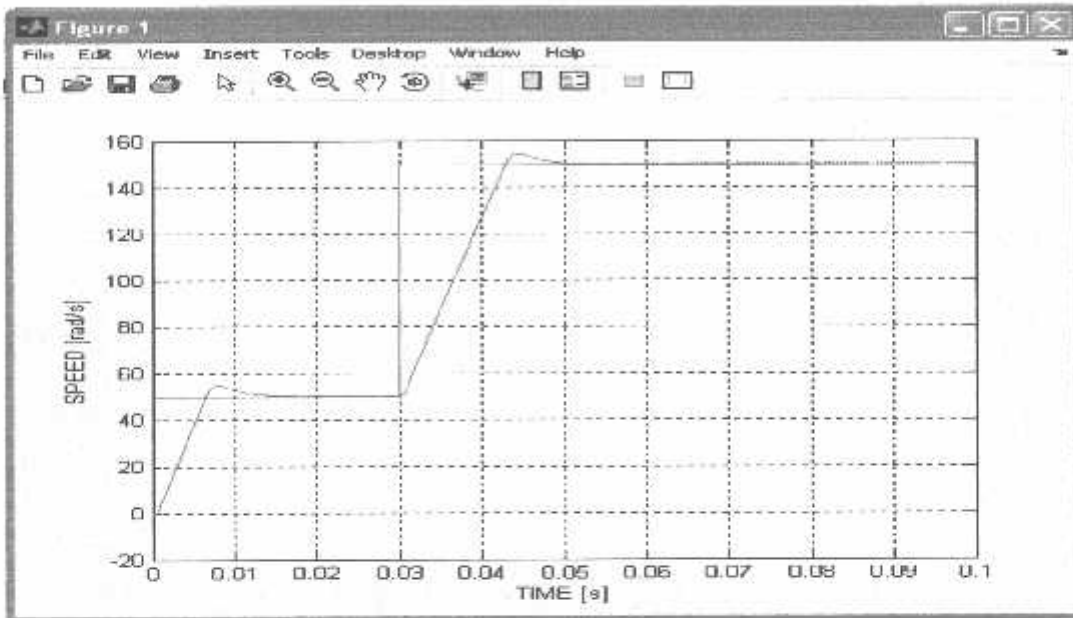
Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec, dengan torsi beban berubah-ubah. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t=0$ sampai $t=0.1$ adalah 60 Volt.

4.3.5. Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban konstant.



Gambar 4.19 . Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Konstan

- 1) Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban konstant.



Gambar 4.20 . Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Konstan

Keterangan :

— :Kecepatan Berubah-ubah pada Kecepatan 50 Rad/Sec. naik menjadi 150 Rad/sec.

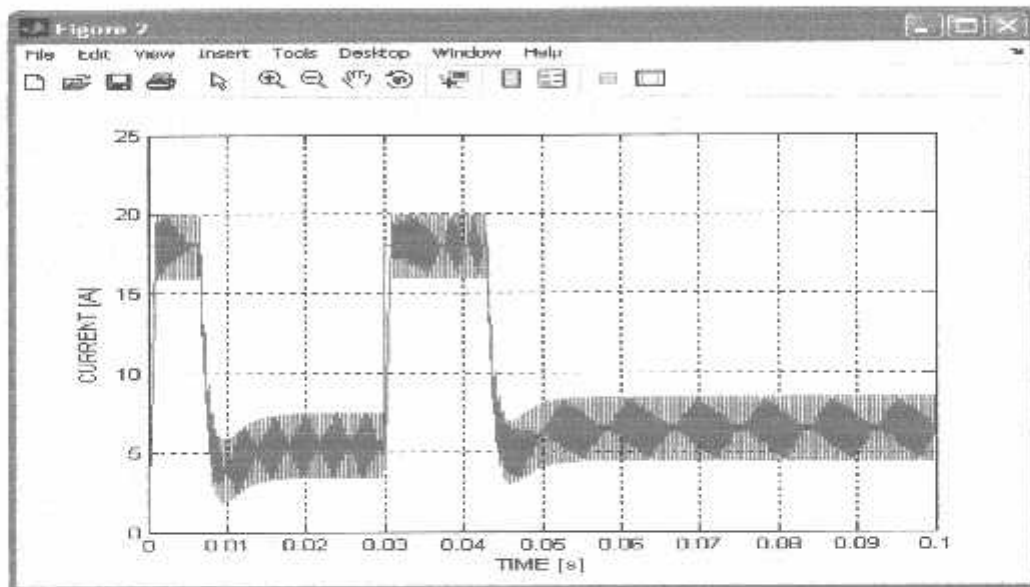
— : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan berubah-ubah yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.03s$ pada gambar simulasi dimana kondisi torsi beban konstan adalah 50 rad/sec. naik menjadi 150 rad/sec. pada $t = 0.03$ sampai $t = 0.1s$
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

- Ketika torsi beban berubah-ubah motor mengalami transient dari $t = 0s$ sampai $t = 0.014s$, setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.014s$ sampai $t = 0.03s$, dan terjadi transient lagi pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.05s$, setelah itu menjadi stabil lagi pada $t = 0.05s$ sampai $t = 0.1s$

2) Arus jangkar pada Torsi Beban Konstan



Gambar 4.21 . Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Pada Torsi Beban Konstan

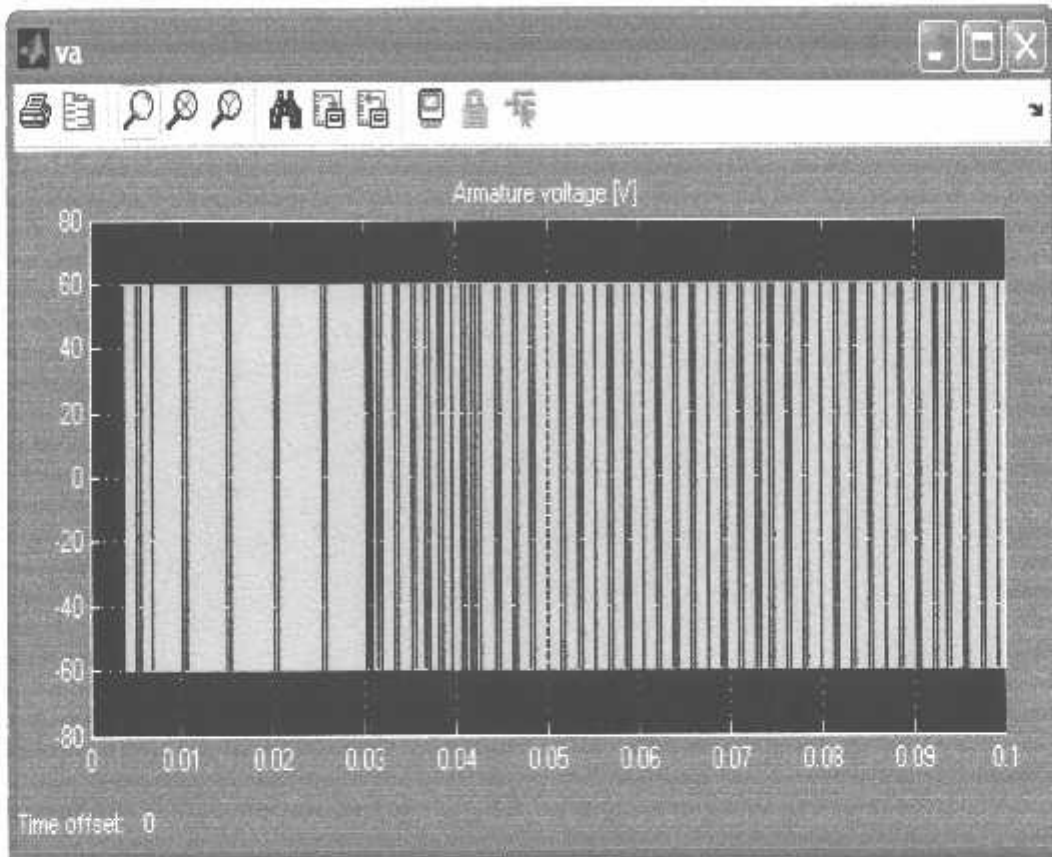
Keterangan :

— : Arus Jangkar pada Kecepatan berubah-ubah 50 Rad/Sec. naik menjadi 150 rad/sec.

— : Arus jangkar Motor Setelah diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar dengan torsi beban konstan terlihat bahwa arus jangkar motor setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan berubah-ubah pada 50 rad/sec, naik menjadi 150 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

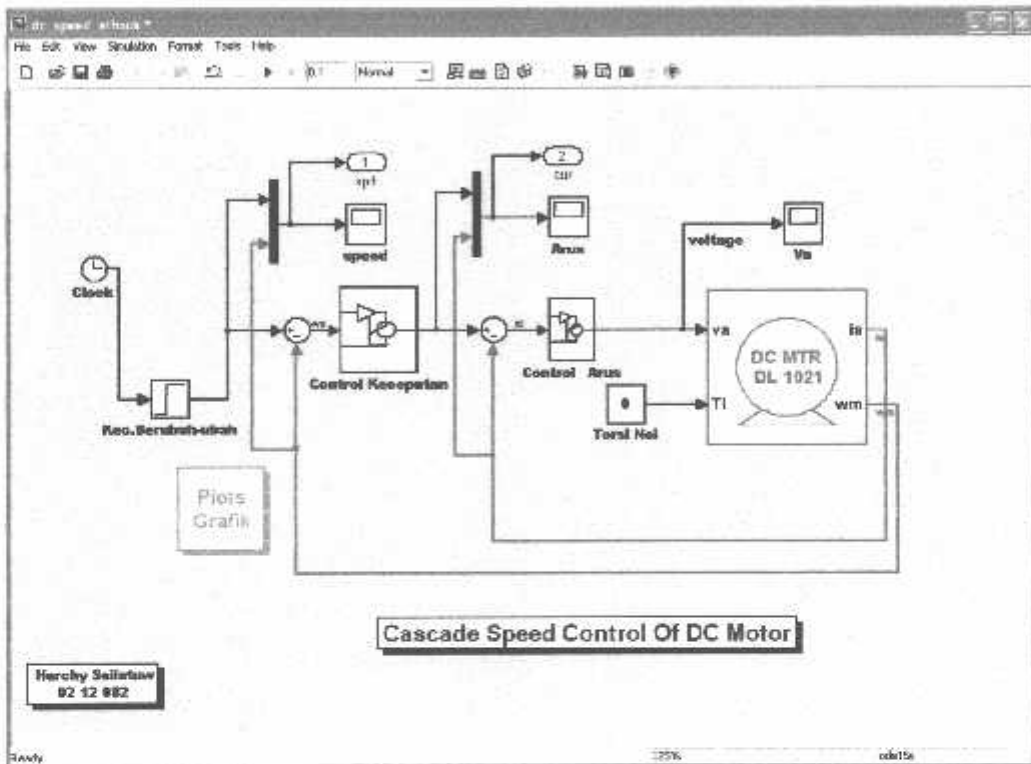
- Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (Va)



Gambar 4.22. Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk kondisi kecepatan Berubah-Ubah dengan torsi beban Konstan

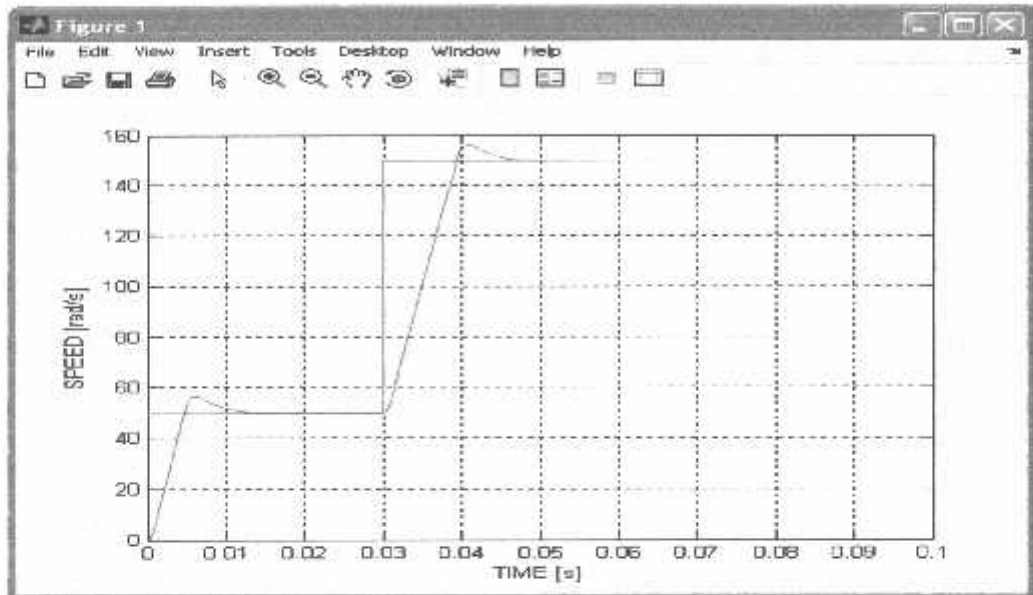
Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec, dengan torsi beban konstan. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t=0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 Volt.

4.3.6 Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban nol



Gambar 4.23. Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Yang Nol

- 1) Hasil Simulasi Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah Kecepatan yang berubah adalah dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban nol



Gambar 2.24 . Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Berubah-Ubah Dengan Torsi Beban Yang Nol

Keterangan :

— :Kecepatan Berubah-ubah pada Kecepatan 50 Rad/Sec. naik menjadi 150 Rad/sec.

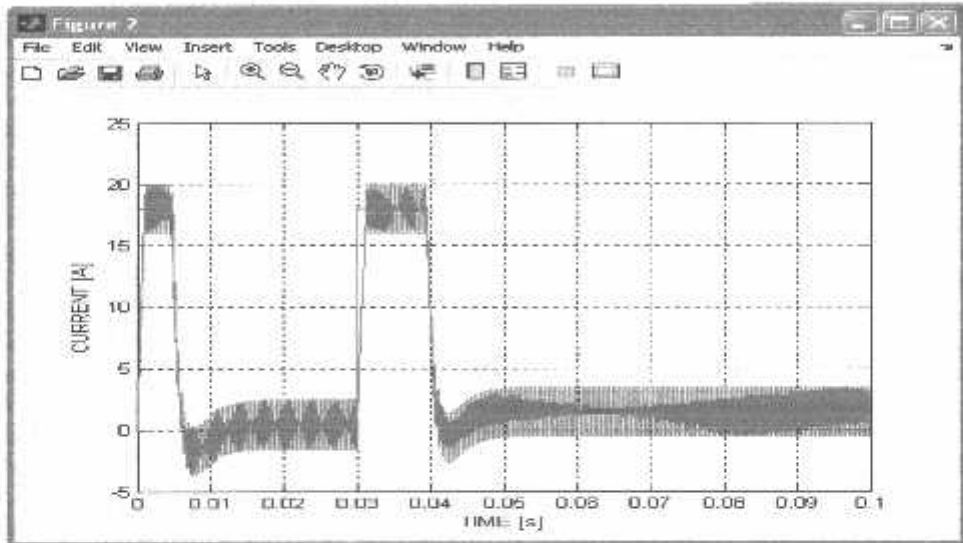
- - - : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan berubah-ubah yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.03s$ pada gambar simulasi dimana kondisi torsi beban nol adalah 50 rad/sec. naik menjadi 150 rad/sec. pada $t = 0.03$ sampai $t = 0.1s$
- Kecepatan Motor terlihat mengikuti kecepatan referensi sehingga pengaturan kecepatan telah berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

- Ketika torsi beban berubah-ubah motor mengalami transient dari $t = 0$ sampai $t = 0.013s$, setelah itu menjadi stabil pada $t = 0.013s$ sampai $t = 0.03s$, dan terjadi transient lagi pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.047s$, setelah itu menjadi stabil lagi pada $t = 0.047s$ sampai $t = 0.1s$

2) Arus jangkar pada Torsi Beban nol



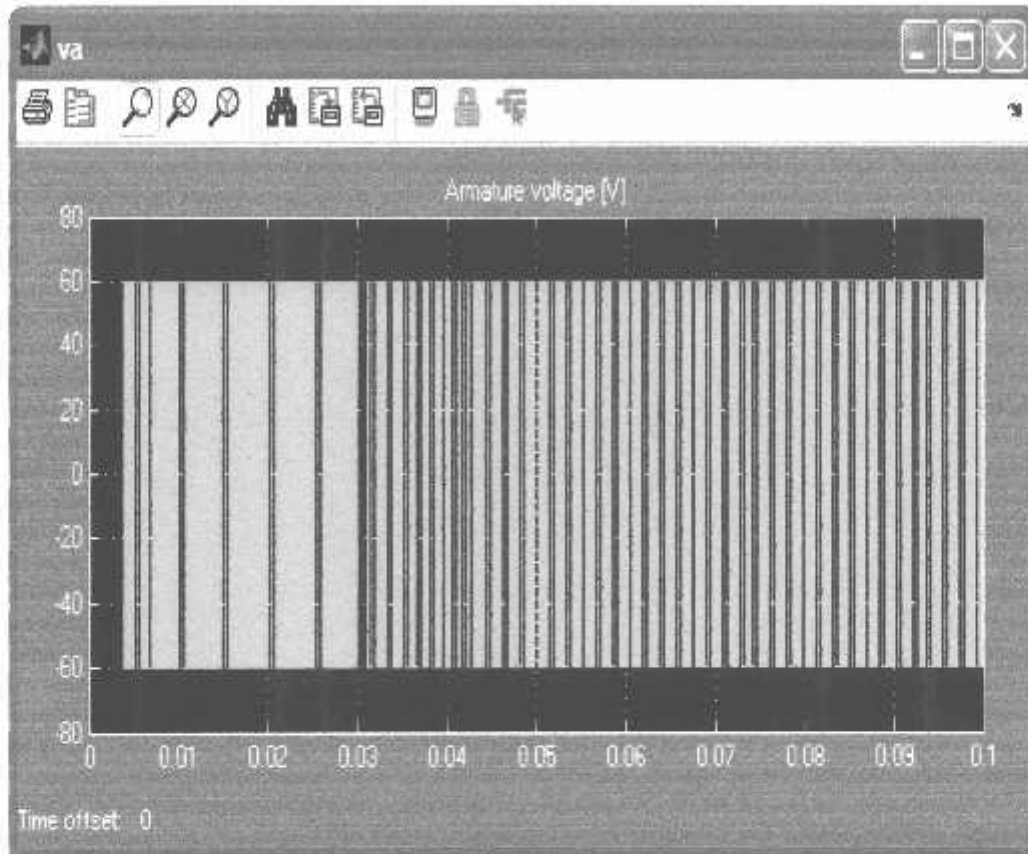
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Untuk Arus Jangkar Pada Torsi Beban Nol

Keterangan :

- : Arus Jangkar pada Kecepatan berubah-ubah 50 Rad/Sec.naik menjadi 150 rad/sec.
- : Arus jangkar Motor Setelah diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar dengan torsi beban nol terlihat bahwa arus jangkar motor setelah diatur mengikuti arus jangkar pada kecepatan berubah-ubah pada 50 rad/sec, naik menjadi 150 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

3) Hasil Simulasi Tegangan Jangkar (Va)



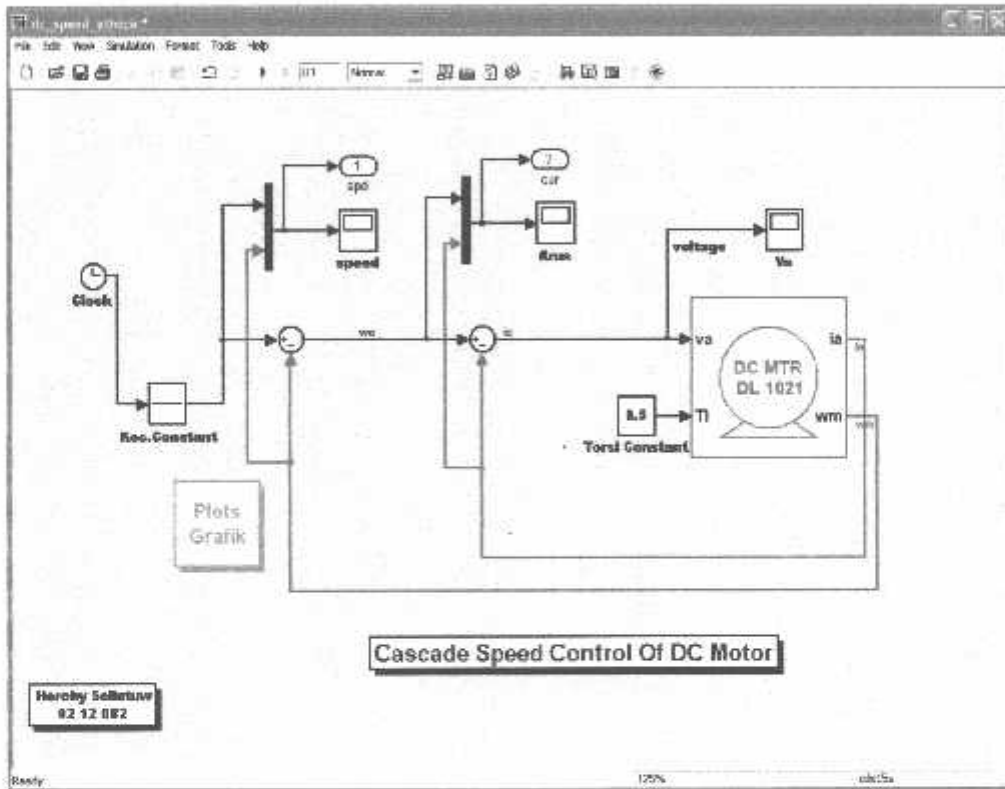
Gambar 4.26 . Hasil Simulasi Tegangan Jangkar Untuk kondisi kecepatan Berubah-Ubah dengan torsi beban Nol

Untuk kondisi kecepatan konstant pada kecepatan referensi yang diseting Pada 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec, dengan torsi beban nol. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 Volt.

4.4. Perbandingan Hasil Simulasi Sistem.

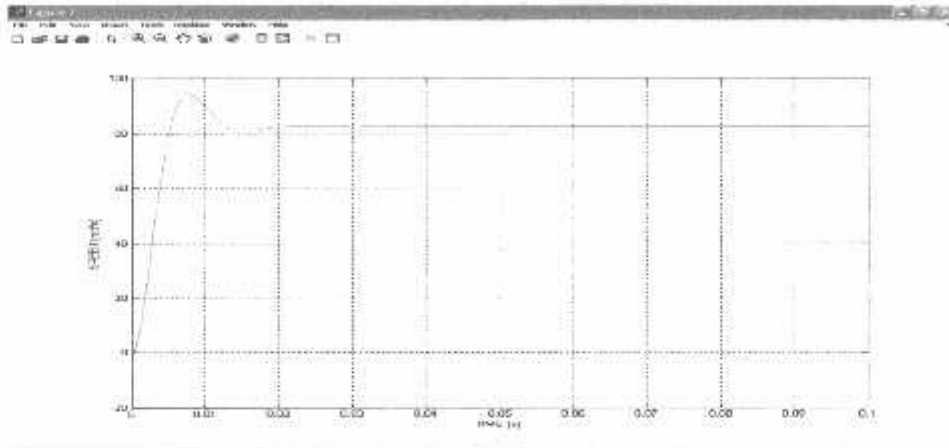
4.4.1. Simulasi Untuk Sistem Pengontrolan Kecepatan Motor DC Tanpa Menggunakan Metode Kontrol Cascade

- Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Konstant.



Gambar 4.27. Block Simulink Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan Tanpa Menggunakan Metode Kontrol Cascade

- Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Konstant.



Gambar 4.28. Hasil Simulasi Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan Tanpa Metode Kontrol Cascade

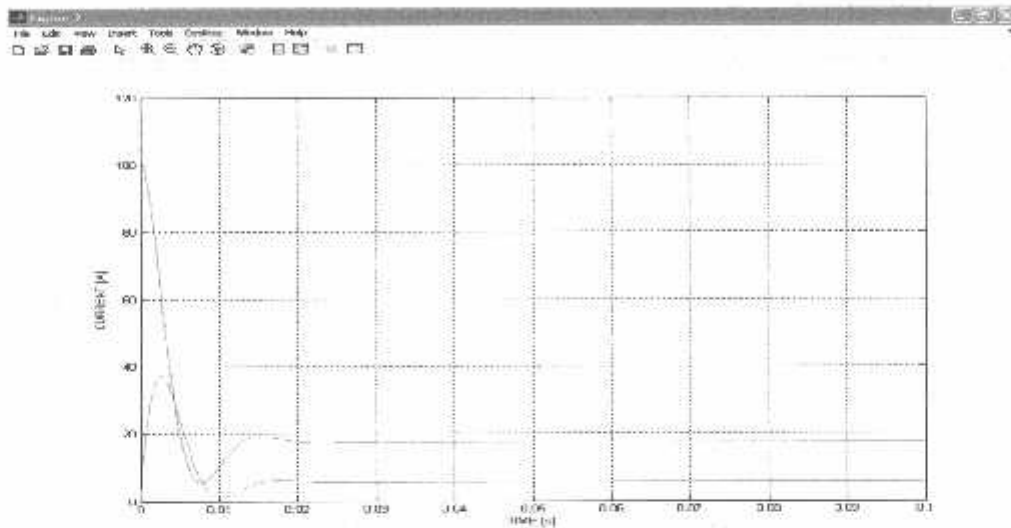
Keterangan :

- : Kecepatan Konstan pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.
- - - : Kecepatan Motor Setelah diatur.

Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa :

- Kecepatan Referensi yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$ pada gambar simulasi dimana kondisi kecepatan konstan adalah 100 rad/sec.
- Kecepatan Motor setelah diatur terlihat tidak mengikuti kecepatan referensi yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$ sehingga pengaturan kecepatan tidak berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

- Hasil Simulasi Arus Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Konstant.



Gambar 4.29. Hasil Simulasi Arus Jangkar Untuk Kondisi Kecepatan Konstan Dengan Torsi Beban Konstan Tanpa Metode Kontrol Cascade

Keterangan :

- : Arus Jangkar pada Kecepatan Referensi 100 Rad/Sec.
- - - : Arus Jangkar Motor Setelah Diatur

- Dari hasil simulasi arus jangkar terlihat bahwa arus jangkar motor setelah diatur tidak mengikuti arus jangkar pada kecepatan referensi 100 rad/sec yaitu pada $t = 0$ sampai $t = 0.1s$

4.4. Analisis Performansi Sistem

Setelah didapatkan hasil simulasi performansi sistem yang dapat dilihat pada hasil-hasil simulasi beberapa kondisi hasil simulasi diatas maka dianalisa prformasi dari sistem, dan kriteria prformasi yang terdapat dalam skripsi ini adalah:

- Performa Keadaan Peralihan (*Transient*)^[8]

Keadaan transient atau peralihan merupakan kondisi motor sesaat dimana keadaan berubah-ubah. Kondisi pada awal atau start, pengereman, perubahan keccpatan motor *DC*. Misalnya pada keadaan start motor *DC* dengan kapasitas besar akan menghasilkan arus starting yang besar dimana besarnya 3 sasmpai 8 kali arus nominal yang tertera pada name plate motor

- *Error Steady State*^[8]

Nilai selisih antara set point dengan nilai actual plant pada kondisi *steady state*.

4.4.1 Analisis Performa Keadaan Peralihan (*Transient*)

- Untuk Kondisi Keccpatan Konstant Pada Keccpatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Yang Konstant, Terjadi *Transient* pada $t = 0s$ sampai $t = 0.02s$
- Untuk Keccpatan Konstant Pada Keccpatan Referensi yang diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Berubah –Ubah

- Untuk Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi Yang Diseting Pada 100 rad/sec. Dengan Torsi Beban Nol
Terjadi *Transient* pada $t = 0s$ sampai $t = 0.02s$
- Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah pada Kecepatan yang disetting dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi beban Berubah –Ubah
Terjadi *Transient* pada $t = 0s$ sampai $t = 0.015s$ dan pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.055s$
- Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah Kecepatan yang berubah adalah dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban yang constant
Terjadi *Transient* pada $t = 0s$ sampai $t = 0.014s$ dan pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.05s$
- Untuk Kecepatan yang Berubah –Ubah Kecepatan yang berubah adalah dari 50 rad/sec kemudian naik menjadi 150 rad/sec. dengan torsi Beban nol
Terjadi *Transient* pada $t = 0s$ sampai $t = 0.013s$ dan pada $t = 0.03s$ sampai $t = 0.047s$

4.4.2. Analisis *Error Steady State*

- Pada Sistem Pengontrolan Kecepatan Motor DC Tanpa Menggunakan Metode Kontrol *Cascade* Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Yang Konstant.

Nilai error steady statenya: $100 - 83 = 17 \text{ rad/sec}$.

- Pada Sistem Pengontrolan Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode Kontrol *Cascade* Untuk Kondisi Kecepatan Konstant Pada Kecepatan Referensi yang Diseting Pada 100 rad/sec. dengan Torsi Beban Yang Konstant.

Nilai error steady statenya: $100 - 100 = 0 \text{ rad/sec}$

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari analisis pengaturan kecepatan Motor DC dengan menggunakan metode kontrol *Cascade* dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil simulasi arus jangkar pada semua kondisi baik kondisi kecepatan konstan pada kecepatan referensi 100 rad/sec dan kecepatan berubah-ubah dari 50 rad/sec naik menjadi 150 rad/sec terlihat arus jangkar motor mengikuti arus jangkar
2. Dapat dilihat pada hasil simulasi bahwa tegangan jangkar pada $t = 0$ sampai $t = 0.1$ adalah 60 V pada hasil simulasi dari semua kondisi baik kondisi kecepatan konstan pada kecepatan referensi 100 rad/sec dan kecepatan berubah-ubah dari 50 rad/sec naik menjadi 150 rad / sec adalah sama 60 V
3. Dari hasil simulasi pada semua kondisi baik kondisi kecepatan konstan pada kecepatan referensi 100 rad/sec dan kecepatan berubah-ubah dari 50 rad/sec naik menjadi 150 rad / sec, yang menggunakan metode kontrol Cascade, *error steady statenya* = 0.

Sedangkan yang tidak menggunakan metode kontrol Cascade, error steady statenya = 17 rad/sec.

4. Transient yang terjadi pada semua hasil simulasi menggunakan metode kontrol Cascade rata-rata berkisar antara $t = 0.01$ s sampai $t = 0.02$ s.
5. Dengan menggunakan Metode pengontrolan yang bertingkat atau *Cascade* maka Motor DC akan memiliki respons yang lebih baik.

1.2. Saran

1. Setelah melakukan penyusunan skripsi kami mempunyai masukan untuk dikembangkan yaitu ; Sistem kontrol yang digunakan dapat diganti dengan model system control motor DC lainnya.
2. Untuk lebih mempermudah analisa dapat digunakan MATLAB dengan versi terbaru.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., Stephen D. Umans, " *Electric Machinery*", McGraw-Hill International. 2002. fourth edition.
- [2] Burak Ozpineci Leon M. Tobert, *Simulink Implementation of Induction Machine Model – A modular Approach*, IEEE Transacton on Power Electronics 2003,728-734 .
- [3] Stephen J. Chapman. *Electrical Machinery Fundamentals*, McGraw-Hill International Editons, 1985.
- [4] R. Krishan. *Electric Motor Drives Modeling, Analysis and Control*. Pretince hall International Inc. 1998.
- [5] Zuhail. " Dasar Teknik Tenaga Listrik" Penerbit ITB Bandung.
- [6] Achyanto, Djoko, " *Mesin – mesin Listrik (Edisi keempat)* ", Jakarta, Erlangga. 1992.
- [7] Thomas W. Dwi Hartanto dan Y.W. Agung Prasetyo .2003. *Analisis Dan Desain Sistem Kontrol Dengan MATLAB*. Penerbit ANDI. Yogyakarta
- [8] Ogata, Katsuhiko. " *Teknik Kontrol Automatik Jilid I & II* ", University Of Minnesota, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

LAMPIRAN



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : HERCHY SEILATUW
NIM : 02.12.082
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
Judul Skripsi : ANALISA KONDISI *STEADY STATE*
PADA PENGATURAN KECEPATAN
MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE
KONTROL *CASCADE* DENGAN
SOFTWARE MATLAB SIMULINK DI
LABORATORIUM KEE ITN MALANG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)

Hari : Senin
Tanggal : 18 Maret 2008
Dengan Nilai : 74.05 (B+) *Buf*

Panitia Ujian Skripsi :



Ketua Majelis Penguji

(Ir. Mochtar Asroni, MSME)
NIP.Y.1018100036

Skretaris Majelis Penguji

(Ir. F. Yudi Limpraptono, MT)
NIP. Y. 1039500274

Anggota Penguji :

Peguji Pertama

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. Y. 1038900209

Peguji Kedua

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : IERICHIY SEILATUW
NIM : 02.12.082
Masa Bimbingan : 05 Nopember 2007 sampai 05 Mei 2008
Judul Skripsi : ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA
PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC
MENGUNAKAN METODE KONTROL *CASCADE*
DENGAN *SOFTWARE MATLAB SIMULINK* DI
LABORATORIUM KEE ITN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1		Abstrak	
2		Tujuan	
3		Kesimpulan	

Disetujui:
Dosen Penguji I

(Ir. Teguh Herbasuki, MT)
NIP. Y. 1038900209

Dosen Pembimbing:

(Ir. Widodo Pudji M, MT)
NIP. Y. 1028700171

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y. 1028400082



FORMULIR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : HERCHY SEILATUW
NIM : 02.12.082
Masa Bimbingan : 05 Nopember 2007 sampai 05 Mei 2008
Judul Skripsi : ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA
PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC
MENGUNAKAN METODE KONTROL *CASCADE*
DENGAN *SOFTWARE MATLAB SIMULINK* DI
LABORATORIUM KEE ITN MALANG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Penguji
1		Definisi <i>Transient</i>	
2		Analisa Kondisi <i>Transient</i> Di Perbaiki	

Disetujui:
Dosen Penguji II

(Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT)
NIP. Y. 1018800189

Dosen Pembimbing:

(Ir. Widodo Pudji M, MT)
NIP. Y. 1028700171

(Bambang Prio Hartono, ST, MT)
NIP. Y. 1028400082



FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : HERCHY SEILATUW
Nim : 02.12.082
Masa Bimbingan : 13 Februari 2008 / 13 Agustus 2008
Judul Skripsi : "ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE KONTROL *CASCADE* DENGAN *SOFTWARE MATLAB SIMULINK* DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG"



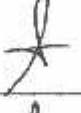
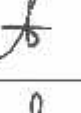

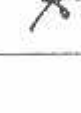
No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	28/12-07	Konsultasi Bab I & II	
2.	3/01-08	Revisi Bab II	
3.	16/01-08	Acc Bab I & II	
4.	22/01-08	Konsultasi Bab III & IV & V	
5.	22/01-08	Revisi Bab III & IV	
6.	04/02-08	Acc Bab III & Revisi Bab IV & V	
7.	16/02-08	Acc Bab IV & V	
8.	20/02-08	Konsultasi masalah seminar hasil	
9.	28/02-08	Acc Masalah seminar hasil	
10.			

Malang, 1 / 1 / 2008
Dosen Pembimbing I

(Ir. Widodo Pudji M, MT)
NIP. Y. 102 870 0171

FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : HERCHY SEILATUW
 Nim : 02.12.082
 Masa Bimbingan : 13 Februari 2008 / 13 Agustus 2008
 Judul Skripsi : "ANALISA KONDISI STEADY STATE PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE KONTROL CASCADE DENGAN SOFTWARE MATLAB SIMULINK DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG"

No.	Tanggal	Uraian	Parap Pembimbing
1.	28/12-07	Konsultasi Bab I & II	
2.	15/01-08	Konsultasi Bab III	
3.	20/01-08	Acc Bab I & II Revisi Bab III	
4.	04/02-08	Konsultasi Bab IV & V	
5.	15/02-08	Acc Bab III, Revisi Bab IV & V	
6.	28/02-08	Acc Bab IV & V	
7.	15/03-08	Acc Ujian.	
8.			
9.			
10.			

Malang, / / 2008
 Dosen Pembimbing II



(Bambang Prio Hartono, ST) IT
 NIP. Y. 102 840 0082



PERMOHONAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : HERCHY SEIATUW
 NIM : 02.12.082
 Semester : 10
 Fakultas : Teknologi Industri
 Jurusan : Teknik Elektro S-1
 Konsentrasi : Teknik Elektronika / Teknik Energi Listrik
 Alamat :

Dengan ini kami mengajukan permohonan untuk mendapatkan persetujuan untuk membuat **SKRIPSI Tingkat Sarjana**. Untuk melengkapi permohonan tersebut, bersama kami lampirkan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi.

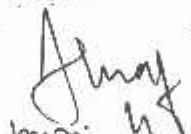
Adapun persyaratan-persyaratan pengambilan **SKRIPSI** adalah sebagai berikut :

1. Telah melaksanakan semua praktikum sesuai dengan konsentrasinya (.....)
2. Telah lulus dan menyerahkan Laporan Praktek Kerja (.....)
3. Telah lulus seluruh mata kuliah keahlian (MKB) sesuai konsentrasinya (.....)
4. Telah menempuh mata kuliah ≥ 134 sks dengan IPK ≥ 2 dan tidak ada nilai E (.....)
5. Telah mengikuti secara aktif kegiatan seminar skripsi yang diadakan Jurusan (.....)
6. Memenuhi persyaratan administrasi (.....)

Demikian permohonan ini untuk mendapatkan penyelesaian lebih lanjut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Telah diteliti kebenaran data tersebut diatas
 Recording Teknik Elektro


Malang, 0-10-2007
 Pemohon


 (.....)


 (HERCHY SEIATUW.....)

Disetujui
 Ketua Jurusan Teknik Elektro

Mengetahui
 Dosen Wali


Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
 NIP. P. 1039500274


 (.....)

Catatan :

Bagi mahasiswa yang telah memenuhi persyaratan mengambil SKRIPSI agar membuat proposal dan mendapat persetujuan dari Ketua Jurusan/Sekretaris Jurusan T. Elektro S-1

1. -MK- 2 P.EE , praktik ASIE
2.
3. IPC : 3.6.2 = 2.67



LEMBAR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~*)




1.	Nama Mahasiswa: <u>HERCHY SEILATUW</u>	Nim: <u>0212082</u>
2.	Waktu Pengajuan	Tanggal: <u>23</u> Bulan: <u>01</u> Tahun: <u>2008</u>
3.	Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)	
	a. Sistem Tenaga Elektrik <input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri	e. Elektronika & Komponen f. Elektronika Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen*) <u>Ir. Widodo Pudji M, MT</u>	Ketua Jurusan <u>Ir. F. Yudi Lihpraptono, MT</u> NIP. P. 1039500274
5.	Judul yang diajukan mahasiswa:	<u>Analisis Kondisi Steady State & Cascade Control Kecepatan Motor DC Menggunakan Matlab Simulink di Lab Konversi Energi Elektrik ITN Malang</u>
6.	Perubahan judul yang disetujui Dosen sesuai materi bidang ilmu	<u>Analisa Kondisi Steady State Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode Kontrol Cascade Dengan Software Matlab Simulink di Lab EEE ITN Malang</u>
Catatan:		
7.	Persetujuan Judul skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui Dosen 200

Pernhatian:

1. Formulir pengajuan ini harap dikembalikan kepada jurusan paling lambat satu minggu setelah disetujui kelompok dosen keahlian dengan dilampirkan proposal skripsi beserta persyaratan skripsi sesuai form S-1
2. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
**) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

onsentrasi : Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~*)


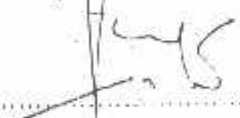


1.	Nama Mahasiswa: <u>HERCHY SEILATUN</u>	Nim: <u>02.12.082</u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Peleaksanaan	<u>12.02.2008</u>
Waktu		
Tempat		
Ruang		
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	<input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Manasiswa	<i>Analisa kondisi steady state pada pengaturan kesepuluh motor DC menggunakan metode kontrol cascade dengan software matlab simulink di lab konversi energi listrik ITN Malang</i>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:
	Catatan:
Persetujuan Judul Skripsi		
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II
		
	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs
		<i>Ir. Widodo Pudji M. MT.</i>
	<u>Ir. F. Yudi Lippapriono, MT</u> NIP. P. 1039500274	<i>NIP. Y. 10287 00171</i>

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
- **) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1

onsentrasi : Teknik Energi Listrik/~~Teknik Elektronika~~*)

1.	Nama Mahasiswa: <u>HERCHY SEILATUW</u>	Nim: <u>0212082</u>
2.	Keterangan	Tanggal
	Pelaksanaan	<u>12-02-08</u>
Waktu		
Tempat		
Ruang:		
Spesifikasi Judul (berilah tanda silang)**)		
3.	a. Sistem Tenaga Elektrik	e. Elektronika & Komponen
	<input checked="" type="checkbox"/> b. Energi & Konversi Energi	f. Elektronika Digital & Komputer
	c. Tegangan Tinggi & Pengukuran	g. Elektronika Komunikasi
	d. Sistem Kendali Industri	h. lainnya
4.	Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa	<u>Makna Keahlian Steady State Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC Menggunakan Metode Kontrol Cascade Dengan Software Matlab Simulink di Laboratorium Konversi Energi Elektrik ITN Malang</u>
5.	Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
6.	Catatan:
	Catatan:
Persetujuan Judul Skripsi		
7.	Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II
		
	Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing ybs
	 <u>Ir. F. Yudi Limpraptono MT</u> NIP. P. 1039500274	 <u>Bambang Priyo Hartono, ST</u> NIP. 1028400032

Perhatian:

1. Keterangan: *) Coret yang tidak perlu
- **) dilingkari a, b, c, atau g sesuai bidang keahlian



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 13 Februari 2008

Nomor : ITN-098/LTA/2/2008
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**
Kepada : Yth. Sdr. Ir. **WIDODO PUDJI M, MT**

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : HERCHY SEILATUW
Nim : 0212082
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/I selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

13 Februari 2008 s/d 13 Agustus 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan
terima kasih.



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT *Fyf*
NIP. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth:

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

: BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 55145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 13 Februari 2008

Nomor : IIN-099/I.TA/2/2008
Lampiran : -
Perihal : **BIMBINGAN SKRIPSI**
Kepada : Yth. Sdr. **BAMBANG PRIO HARTONO, ST, MT**

Dosen Pembimbing
Jurusan Teknik Elektro S-1
di
Malang

Dengan Hormat,
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi
untuk Mahasiswa:

Nama : HERCHY SEILATUW
Nim : 0212082
Fakultas : Teknologi Industri
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Kosentrasi : Teknik Energi Listrik S-1

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya
kepada Saudara/l selama masa waktu 6 (enam) bulan, terhitung mulai
tanggal:

13 Februari 2008 s/d 13 Agustus 2008

Sebagai satu syarat untuk menempuh Ujian Sarjana Teknik, Jurusan
Teknik Elektro-S1

Demikian atas perhatian serta kerjasama yang baik kami sampaikan
terima kasih.



Ketua Jurusan
Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. Y. 1039500274

Tembusan Kepada Yth:
1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip

Form S4a



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. **Ir. Widodo Pudji M, MT**
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : HERCHY SEILATUW
Nim : 02.12.082
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing Utama / ~~Pendamping~~ *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

“ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE *KONTROL CASCADE* DENGAN SOFTWARE MATLAB SIMULINK DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG”

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, Februari 2008

Hormat kami,

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

HERCHY SEILATUW

Form S-3a



Lampiran : 1 (satu) berkas
Pembimbing Skripsi

Kepada : Yth. **Bambang Priyo Hartono, ST**
Dosen Institut Teknologi Nasional
MALANG

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : HERCHY SEILATUW
Nim : 02.12.082
Jurusan : Teknik Elektro S-1
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik

Dengan ini mengajukan permohonan, kiranya Bapak bersedia menjadi Dosen Pembimbing ~~Utama~~ / Pendamping *), untuk penyusunan Skripsi dengan judul (proposal terlampir) :

“ANALISA KONDISI *STEADY STATE* PADA PENGATURAN KECEPATAN MOTOR DC MENGGUNAKAN METODE *KONTROL CASCADE* DENGAN SOFTWARE MATLAB SIMULINK DI LABORATORIUM KONVERSI ENERGI ELEKTRIK ITN MALANG”

Adapun tugas tersebut sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Akhir Sarjana Teknik.

Demikian permohonan kami dan atas kesediaan Bapak kami ucapkan terima kasih.

Malang, Februari 2008

Hormat kami,

Ketua
Jurusan Teknik Elektro S-1

Ir. F. Yudi Limpraptono, MT
NIP. 1039500274

HERCHY SEILATUW

Form S-3a

Terima kasih yang tak terhingga untuk...

- My Greatest Saviour, **JESUS CHRIST**... untuk segala kebaikan, berkat, rahmat dan talenta yang Kau beri kepadaku... Thank you Lord, thank you MY FUNKEE JESUS...!!!!
- Orangtuaku di Timika - Papua *mama Mien, papa Pieter, terima kasih buat semua dukungan, baik materil dan spiritual. bangga buaangett punya orangtua seperti miam & pap. Terima kasih juga untuk kesabaran atas penantiannya selama ini. I love you Mom and Dad...!"
- Keluargaku tercinta.... Dari siapa dulu yaaa, mama Usi n papa Jiba, hehe dangke banyak lai par doanya, tunggu Ecky karja dolo e,baru Ecky bantu mama Usi n pap jiba,okay okay. Tanta Lies tersayang, Ecky pasti belikan baju yang banyak, truss. Brother 1 (Reinaldo), thanks buat dukunganya, juga buat humornya yg buat adik ketawa2 trus hehehe. Brother 2 (Poly), matursuwun yo buat pengertiannya ya,biar agak kras sih tapi oke lan. Brother 3 (Sthevi "Ka2") hehe apa ya,oooh iya makaci buat bantuannya mulai dari doa, bantu ngetik, pokoknya yang brhubungan drng computer dah,yang terpenting cpt lulus oyiii smangattt. Neeh yang terakhir suster tercaayang_Q (Wltna "molen"), thanks buat senyumannya, buat dukungannya, buat doanya, n buat smuanya lahhh, eh lupa buat bantu ngetiknya juga biar cuman dikit sih, hehe..... I lophe u a!!!!!!!!!!!!.....
- Keluarga besar yang di sorong, Kalimantan, Jakarta n Ambon, trima kasih buat doa & dukungannya, makasi buat, Tom Roby n T'Ety, Bongso Ros N OM Yapy, T' Bace n Om Hengky, n adik2_Q, Mercy, Vecky, Natalia, Ema, Jery,. Eh Lupa Ecy, Thanks ALL!!
- AyanG_Q terCh@yaNk Christina Anggraeni, makasi ya buat cintanya, buat sayangya, dukungannya, pengertiannya, n yang terpenting buat Doarnya, makaciii ya sudah temani saya lewati smua ini, Lophe uuuu.....
- Ade_Q Ch4y@Nk Jacklyn S Kaihena, makasi ya sudah banyak bantu abangmu yang ganteng ini hehehe, banyak skali sampe2 abang kaga bisa sebutin one by one, pokoknya makaci sing uaakehh yo,eh I pesan abang cepat lulus ya jangan maen trus,okay akay, eh lupa I lg kejar Ayam trus,j angan pts asa, ha ha ha, god Luck,.....
- Isak "cHu_mUkh" Sada, (BB), woi thanks yo buat smuanya,ko baik sampeee, thanks buat pinjaman uangnya ya tp maaf belum ganti hehe, teman BB, tapi tetap Barcelona menang, thanks 4 all
- Roby & Anthy, saya tidak tahu mau bilang apa lagi buat kalian, kalau ada kata yang lebih dari trima kasih itu pasti buat kalia 2, tahanks ya Roby sdh bantu saya smp tidak tidur, pokoknya trimmma kassih ya,okay bro MANTAAAP,.....
- Special thanks to Bapak Ir. Widodo Pudji, M, MT dan Bambang Prio Hartono, ST, MT untuk bimbingan skripsinya, terima kasih banyak untuk kesabarannya
- Para Dosen dan Staff karyawan di kampus Institut Teknologi Nasional Malang Jurusan Teknik Elektro S-1. Terima kasih untuk didikan dan bimbingannya selama saya menuntut ilmu di kampus tercinta ini. Hidup ITN.....!!!
- Ady, Iim, Nanang makasi kawan buat smuanya e, maaf yo sy tidak pernah bisa bantu kalian malah saya merpotkari truss, makasiii makasii n makasiii ya.
- Eliss yang sudah saya anggap kayak kakak saya sendiri, makasi buat smangatnya n dorongannya buat pacu smangat saya trus, traktrannya nyusul ya, hehehe
- Teman2 elektro ST '02, bernat, fipit, made, didit, ase, darmoko, helmi, nico, pepeng, a@n, yupiter, andik topari, nanang, elis, iim, ady, deny poro, jhon jorok, dinda, budi, heru, waf@,,,, waduh maaf ya kalo ada yg gak di sebutin, makasi ya buat smuannnya ...
- Joyo * GMC *green in the gank, thanks ya preng2_Q buat kebersamaannya selama ini,oke bro, k2_sLanK, deny poro, jepry, Ciko, iwan, wendry, DaVID, sony, bayau, edy... thanks all!!
- Waduh hampir lupa, my preng Q Qj, Thans ya buat doanya, buat smuanya lahhh, okay.

it
h
a
n
k
x
it
o