

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

## M1-013 Pengujian dan Simulasi Karakteristik Motor DC pada Industri dengan Metode Algoritma Genetik

**Rafiuddin Syam, Ruslan<sup>\*</sup>, Wahyu H. Piarah and Keigo Watanabe<sup>\*\*</sup>**

Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin

Phone/Fax: 0411-586-15 Email: {rafiuddin, wahyu}@unhas.ac.id

<sup>\*</sup>Jurusan Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jl. P. Kemerdekaan Km 10 Tamalanrea Makassar, E-mail: [pnup@poliupg.ac.id](mailto:pnup@poliupg.ac.id)

<sup>\*\*</sup>Dept. of Mechanical Intelligent System, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University  
Email: watanabe@sys.okayama-u.ac.jp

## ABSTRAK

*Penelitian ini menjelaskan tentang pengujian karakteristik motor DC dengan eksperimental dan simulasi. Pada banyak sistem motor DC penguat terpisah yang digunakan dalam dunia industri, namun demikian selalu menjadi masalah adalah sejauh mana pengaruh arus jangkar terhadap putaran. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengungkap pengaruh arus jangkar terhadap putaran. Metode yang digunakan dalam uji simulasi adalah menggunakan metode algoritma genetik dengan program simulink Matlab V.7. Selanjutnya, eksperimental merupakan bahan pembanding untuk uji simulasi. Dari hasil simulink metlab diperoleh bahwa, arus jangkar pada motor DC penguat terpisah berpengaruh terhadap putaran. Untuk arus jangkar 0,75 Ampere hingga 1,6 Ampere putaran naik, dari 1007 rpm sampai dengan 1721 rpm pada daya 250 Watt. Pada saat arus jangkar 0,75 Ampere hingga 1,1 Ampere waktu transien konstan, hanya pada arus jangkar 1,1 Ampere sampai dengan 1,25 Ampere terjadi kenaikan 2,2 detik untuk daya 250 Watt. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa eksperimental dan simulasi mengalami perbedaan yang tidak signifikan.*

*Keywords:* Motor DC, Algoritma Genetika

## 1. Pendahuluan

Motor DC (*Direct Current*) atau motor arus searah termasuk dalam kategori jenis motor yang paling banyak digunakan baik dalam lingkungan industri, permainan anak-anak ataupun sebagai peranti pendukung sistem instrumen elektronik. Motor DC mempunyai penguatan terpisah dan penguatan sendiri. Berdasarkan jenis belitan yang digunakan maka, motor DC terdiri dari jenis motor DC seri, motor DC shunt dan motor DC komponen. [1]

Kelebihan motor DC memiliki torsi yang tinggi, tidak memiliki kerugian daya reaktif dan tidak menimbulkan harmonis pada sistem tenaga listrik yang menyuplainya. Selain torsi motor DC juga memiliki akurasi kontrol yang tinggi sehingga motor DC sering digunakan untuk aplikasi servo seperti pengendali kecepatan pemintal benang, pengendali posisi antena penerima satelit. [2]. Perencanaan sistem tenaga baik dalam skala industri besar ataupun kecil tidak akan lepas dari asumsi, bagaimana

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

sistem ini akan berjalan dengan baik melalui sudut tinjauan perilaku atau karakteristik sistem. Karakteristik utama yang harus diketahui adalah karakteristik elektrik sistem tersebut seperti lonjakan arus *start*, profil tegangan transien dan analisa transien pada saat sistem terjadi gangguan, yang digunakan untuk menentukan putaran suatu motor.

Di dalam dunia industri penggunaan motor memang hal yang sangat penting dalam menentukan ketiga hal tersebut di atas, sebab motor dapat bekerja secara optimal apabila semua peranti yang dibutuhkan itu semuanya sinkron. Kemampuan mengetahui kondisi sistem yang sebenarnya akan memberikan hasil perencanaan yang baik dan optimal. Proses interpretasi atau menafsirkan perilaku sistem bukan merupakan pekerjaan yang mudah karena akan berkaitan dengan perilaku statis dan dinamik sistem. Permodelan dan simulasi harus dilakukan secara iteratif dan trial-error. Penggunaan perangkat lunak komputer juga akan menentukan akurasi model yang diambil. Di mana simulasi itu merupakan teknik untuk melakukan eksperimen pada komputer, yang melibatkan jenis matematika dan model tertentu yang menjelaskan perilaku pada periode waktu tertentu, hal ini akan dilakukan dengan menggunakan metode algoritma simulink matlab, sedangkan eksperimen didefinisikan sebagai metode untuk menyelidiki suatu bidang, memecahkan masalah praktis, dan membuktikan asumsi teoretis.

Algoritma-genetika merupakan metode yang banyak dipergunakan oleh para ilmuwan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan tak linier dan linier, [3], [4], [5] dan [6]. Algoritma ini mengadopsi mekanisme seleksi alam dan evolusi genetik sebagai dasar pemikirannya.

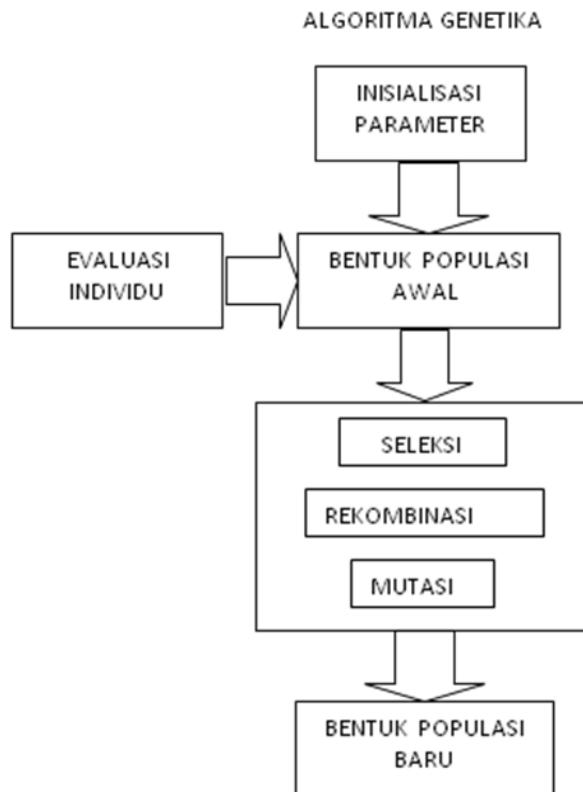
## 2. Tinjauan Pustaka

### A. Algoritma Genetika

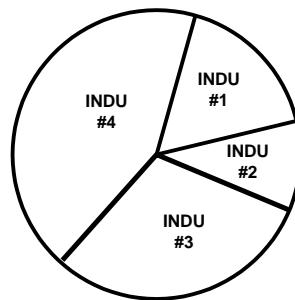
Algoritma genetika digunakan untuk keperluan pengembangan pemrograman komputer dan untuk aplikasi sistem kecerdasan komputer pada penyelesaian permasalahan-permasalahan nonlinier [2]. Algoritma genetika sangat tepat digunakan untuk penyelesaian masalah optimasi yang kompleks dan sukar diselesaikan dengan menggunakan metode yang konvensional [7]. Algoritma genetika juga digunakan pada pengoptimalan suatu fungsi, namun juga menjadi perangkat yang *handal machine learning*. Namun demikian permasalahan umum yang sering ditemukan dalam optimasi fungsi adalah bagaimana mencari *input* yang menghadirkan *output* maksimum atau minimum fungsi tersebut.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 1. Siklus dasar algoritma genetika



Gambar 2. Lingkaran rolet RWS [8]

Dalam penyelesaian dengan metode algoritma genetik dilakukan dengan berbagai cara antara lain :

## B. Mekanisme Seleksi

Seleksi adalah suatu operator algoritma genetik yang berfungsi memilih individu-individu yang akan dijadikan induk pada proses rekombinasi. Metode seleksi yang paling banyak dipergunakan adalah metode *Roulette Wheel Selection (RWS)*.

## C. Mekanisme Rekombinasi

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Rekombinasi adalah suatu proses pertukaran struktur kromosom antara dua induk yang terpilih pada proses seleksi dengan tujuan untuk menciptakan keragaman materi genetik individu pada generasi baru.

I Induk A : 10111 01100 11010 01**101**

Induk B : 10111 01111 01111 01**1111**

Induk A : 10111 01100 11010 01**111**

Induk B : 10111 01111 01111 01**1101**

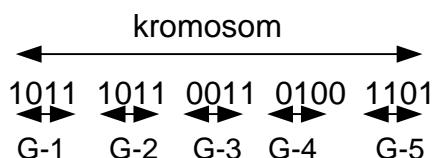
Gambar 3. Proses rekombinasi

## D. Mekanisme Mutasi

Mutasi adalah operator algoritma genetik yang berguna untuk membentuk individu-individu dengan fitur superior atau memiliki kualitas di atas rata-rata. Selain itu mutasi dipergunakan untuk mengembalikan kerusakan materi genetik akibat proses rekombinasi. Proses rekombinasi terjadi pada level bit kromosom, proses ini akan diimplementasikan kesemua bit yang terdapat dalam suatu kromosom [2]. Metode mutasi.

## E. Mekanisme Penilaian

Proses penilaian adalah suatu proses yang dipergunakan untuk menentukan nilai kualitas setiap individu dalam suatu populasi. Proses ini cenderung merupakan proses matematis sederhana seperti pengubahan bilangan biner menjadi bilangan desimal, operator-operator aritmatik dan proses perhitungan berdasarkan fungsi objektif, seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Model kromosom dan gen

Kromosom merupakan tempat setiap gen berada ( $g-1, g-2, \dots, g-5$ ) sedangkan setiap gen mewakili satu parameter dalam suatu masalah. Diketahui setiap gen merupakan kode biner untuk mendapatkan nilai aktual gen tersebut diperlukan proses konversi. Sebelum menentukan nilai aktual maka diperlukan nilai konstanta kuantitas parameter tersebut berdasarkan persamaan berikut:

$$Q_L = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2^{L_G} - 1} \quad (1)$$

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

di mana,  $Q_L$  adalah level kuantitasi,  $P_{min}$ ,  $P_{maks}$  adalah batas maksimal dan minimal parameter dan  $L_G$  adalah panjang bit gen.

Untuk mendapatkan nilai aktualnya maka dipergunakan persamaan berikut. Fungsi dekode merupakan fungsi yang dipergunakan untuk merubah bilangan biner ke bilangan desimalnya.

$$Q_{actual} = \text{dekode}(P_i) \times Q_{LG} + P_{min} \quad (2)$$

Di mana nilai *actual*  $Q$  merupakan nilai aktual suatu parameter yang bersangkutan. Dari Gambar 5, g – 1 memiliki kode 1011, anggap saja kode tersebut mewakili suatu parameter tegangan (V) yang diasumsikan memiliki rentang nilai dari 0 – 220 volt,

$$F \Leftrightarrow F(P_1, P_2, \dots, P_m) \quad (3)$$

Sedangkan fungsi objektif ditentukan apa yang hendak dicapai, pada umumnya fungsi objektif berguna untuk memaksimalkan atau meminimalkan suatu objektif permasalahan. Persamaan fungsi objektif dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$F \Leftrightarrow \min \text{ or } \max [F(P_1, P_2, \dots, P_m)] \quad (4)$$

## F. SIMULINK

Simulink adalah suatu perangkat lunak sub-program dari Matlab. Simulink digunakan secara luas oleh peneliti di seluruh dunia untuk membuat model dan simulasi dari suatu sistem yang dikehendaki. Pembuatan model pada Simulink dilakukan dengan menyusun blok-blok yang tersedia pada program ini. Selain itu, masing-masing blok harus diatur parameternya agar bekerja sesuai model yang hendak dibuat.

Analisa dilakukan pada bentuk gelombang keluaran dari model pada simulink dan variabel-variabel yaitu

1. Struktur simulink dapat digunakan secara efektif untuk membantu dalam simulasi-simulasi pada rangkaian ataupun sistem instrumentasi. Model simulink dibuat dengan cara menghubungkan berbagai blok diagram dan blok sub sistem, di mana strukturnya terdiri dari block, model, libraries, workspace dan simulasi.
2. Simulink pada pemograman matlab dapat digunakan dalam simulasi penentuan respons sistem, baik sistem kendali lup-tertutup maupun sistem kendali lup-terbuka. Sebagai contoh, Block dapat digunakan untuk menset fungsi matematis *transfer* laplace sistem kendali, *sources* dapat digunakan sebagai sinyal masukan sistem (dapat berupa sinyal sinusoidal, step, sequence, dll), dan dengan melihat responnya, maka dapatlah diketahui kestabilan sistem kendali yang dirancang. Dan masih banyak lagi block-block pada Simulink Libraries yang dapat digunakan dalam aplikasi ilmu fisika dan elektronika yang terukur pada Matlab.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

## G. Motor DC

### 1. Penggunaan motor DC

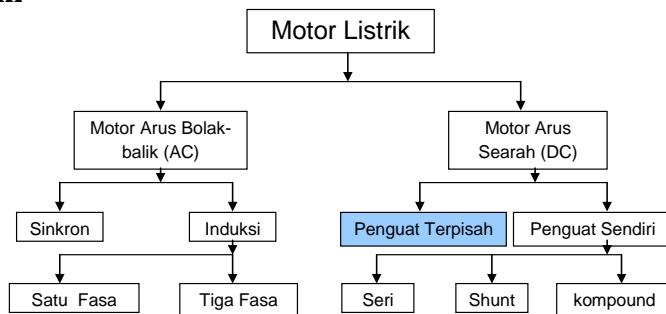
Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah tangga (*mixer*,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

### 2. Bagaimana sebuah motor bekerja

Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum :

- ✓ Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya,
- ✓ jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan,
- ✓ pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan, dan
- ✓ motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

### 3. Jenis-jenis motor listrik



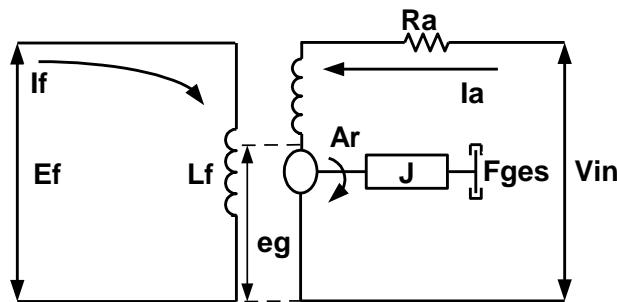
Gambar 5. Klasifikasi jenis motor listrik

Pada gambar dibawah ini, memperlihatkan klasifikasi motor listrik.

Untuk model motor DC pada gambar 6 adalah model motor DC standar, model ini akan dioptimasi secara adaptif dengan menggunakan algoritma genetik untuk plant aktualnya. *Input* yang diperhatikan adalah tegangan kerja atau arus mula dan parameter keluaran yang diperhatikan adalah kecepatan angular yang dihasilkan. Berikut akan ditampilkan gambar rangkaian ekuivalen motor DC penguat terpisah yang standar.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

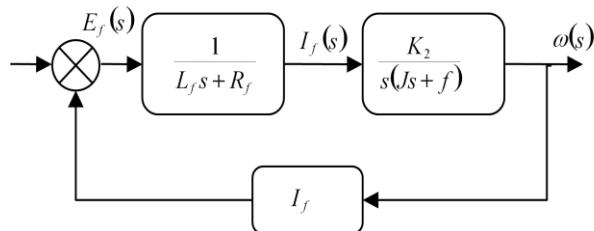


Gambar 6. Rangkaian eqivalen motor dc

Torsi ( $T$ ) yang dibangkitkan oleh motor adalah berbanding lurus dengan hasil kali kali fluks celah udara dan arus jangkar ( $i_a$ ) sehingga analisa motor DC dimulai dengan menganalisa torsi yang dihasilkan oleh motor DC yaitu:

$$T = K_1 \Phi I_a \quad (5)$$

Di mana  $T$  adalah torsi,  $K_1$  konstanta, fluks ( $\Phi$ ) ( $\text{wb}/\text{m}^2$ ) dan  $I_a$  adalah arus armatur.



Gambar 7. Blok diagram

Karakteristik motor DC adalah fluks yang dihasilkan pada belitan sebanding dengan tegangan arus medan pada belitan tersebut, maka :

$$\Phi = I_f \quad \text{dan} \quad T = I_f K_2 \quad (6)$$

Persamaan pada belitan medan adalah

$$e_f = L_f \frac{dl_f}{dt} + R_f I_f \quad (7)$$

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Persamaan torsi yang berlaku pada motor DC yang berkaitan dengan momen inersia dan koefisien gesekan adalah :

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + F \frac{d\theta}{dt} = T = K_2 I_f \quad (8)$$

[2.9]

Dengan transformasi Laplace :

$$E_f \tilde{\theta} = L_f s + R_f \tilde{\theta} \quad (9)$$

$$K_2 I_f \tilde{\theta} = s^2 + fs \tilde{\theta} \quad (10)$$

[2.10]

[2.11]

Sehingga diperoleh hubungan

$$I_f \tilde{\theta} = \frac{(s^2 + f \tilde{\theta})}{K_2} \quad (11)$$

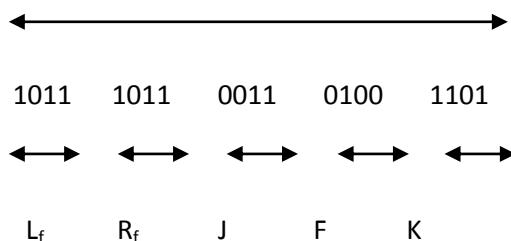
$$\omega \tilde{\theta} = \frac{K_2}{s(J + f(L_f + R_f))} E \tilde{\theta} \quad (12)$$

Dengan demikian dari persamaan di atas dapatlah dibuat diagram blok pengontrolan medan, gambar 7.

## III. Hasil penelitian dan pembahasan

Dan pengujian plant model motor DC yang ada di simulink-Matlab seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini (gambar 8.) yang dilaksanakan di Laboratorium Control and Robotics Teknik Mesin Universitas Hasanuddin, Makassar.

kromosom

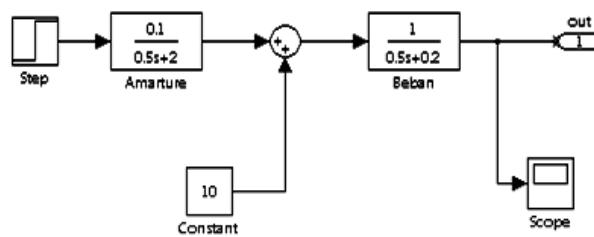


# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Gambar 8. Model kromosom algoritma genetik motor DC

Pada gambar 8 di atas didapatkan nilai aktualnya dengan menggunakan persamaan 2.2 seperti berikut. Fungsi decode merupakan fungsi yang dipergunakan untuk berubah bilangan biner ke bilangan desimalnya.



Gambar 9. Rangkaian Simulasi parameter motor DC referensi penguat terpisah (armature) dengan Algoritma matlab-simulink

$$Q_{actual} = decodeP_i \times Q_L \cdot P_{min} \quad (13)$$

Di mana  $Q_{actual}$  merupakan nilai aktual parameter yang bersangkutan. Dari Gambar 28., g-1 ( $L_f$ ) memiliki kode 1011, anggap saja kode tersebut mewakili suatu parameter tegangan (*Volt*) yang diasumsikan memiliki rentang nilai dari 0-220 volt, dengan demikian merujuk persamaan 2.1, maka nilai aktual dari g-1 ( $L_f$ ) adalah sebagai berikut:

$$Q_L = \frac{P_{max} - P_{min}}{2^L - 1} \quad (14)$$

$$Q_L = \frac{220 - 0}{2^4 - 1} = \frac{220}{15} \quad (15)$$

Sedangkan nilai adalah  $220/15$ , dan nilai aktualnya adalah :

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

$$\begin{aligned}Q_{aktual} &= decode(g-1)xQ_L + P \min \\&= decode(1011)x \frac{220}{15} + 0 \\&= 161,33 \text{ Volt}\end{aligned}$$

Seleksi kromosom dengan data dari Eksperimen motor DC penguat terpisah dengan  $Q_L$  yang merupakan tegangan maksimal yang digunakan untuk menjalankan motor DC penguat terpisah.

Hasil eksperimen motor DC penguat terpisah dapat diperlihatkan pada berikut tabel dengan torsi dan arus medan konstan. Eksperimental tersebut dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Negeri Ujung Pandang, yang ditunjukkan dalam tabulasi data pada tabel 1. di bawah ini :

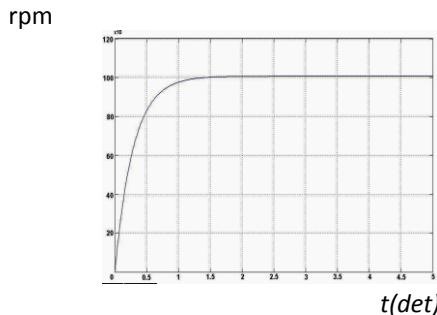
Tabel 1. Hubungan putaran dan arus jangkar, torsi dan arus jangkar konstan

No	Tor si	$I_f$	$I_a$	$V_s$	Kecepatan (Rpm)	
	N- m	Amper		Vol t	Sim	Eksp.
1			0,75	70	1007	1070
2			0,9	80	1150	1240
3		0,2	0,3	1,1	90	1293
4				1,25	100	1435
5				1,4	110	1579
6				1,6	120	1721
						1914

Berdasarkan hasil algoritma simulink-matlab untuk karakteristik (kurva unjuk kerja) motor DC penguat terpisah dengan besar arus jangkar 0,75 A yang digambarkan seperti di atas (gambar 11.). Bahwa putaran (kecepatan angular) motor DC penguat terpisah akan mengalami transien pada saat waktu 0 detik sampai dengan saat 1,5 det. Ini menunjukkan kecepatan angular motor DC penguat terpisah tidak langsung berputar stabil saat motor berputar. Pada saat 1,5 det. kecepatan angular motor DC penguat terpisah akan steady state dengan kecepatan angular 1000 rpm, namun pada kenyataannya kecepatan motor DC penguat terpisah betul-betul steady state pada kecepatan 1007 rpm. Pada kecepatan angular inilah kecepatan motor DC penguat terpisah relatif tidak akan berubah meskipun beban bertambah, yang sesuai dengan kapasitas dan kemampuan motor tersebut.

# Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*



Gambar 11. Kurva hasil simulasi kecepatan angular motor DC 250 Watt, dengan torsi konstan dan If konstan arus jangkar 0,75 A

## IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan serangkaian eksperimental dan simulasi dengan motor DC penguat terpisah, maka dapatlah disimpulkan bahwa :

1. Sesuai kurva yang dihasilkan, menunjukkan bahwa bila arus jangkar dari 0,75 A bertambah hingga 1,6 A, maka kecepatan angular motor DC penguat terpisah bertambah (1070 - 1914) rpm pada daya 250 Watt. Jadi arus jangkar berbanding lurus dengan kecepatan angular motor DC penguat terpisah.
2. Karakteristik yang didapatkan merupakan hasil metode algoritma simulink-matlab, di mana kecepatan fungsi waktu merupakan kurva umum untuk motor DC. Jadi kecepatan yang terlihat pada saat itu merupakan kecepatan angular pada saat arus yang di *input*.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fitzgerald, A. E., 1986. Mesin-mesin Listrik. Penerbit Erlangga, Jakarta
- [2] Tedjo Sukmadi. 2006. Estimasi Parameter Adaptif Motor DC Dengan Metode Algoritma Genetik, Transmisi, Vol. 11, No. 1, Juni 2006 : 28 – 34. <http://www.elektro.undip.ac.id/transmisi/juni06> (diakses 12 Mei 2007)
- [3] Denny Hermawanto. 2007. Algoritma Genetika dan Contoh Aplikasinya. <http://www.IlluKomputer.Com>. (diakses 8 Juni 2007)
- [4] Hendry Setiawan, Thiang, Hany Ferdinando. 2001. Aplikasi Algoritma Genetika Untuk Merancang Fungsi Keanggotaan Pada Kendali Logika Fuzzy. <http://Faculty.petra.ac.id> (diakses 12 Mei 2007)
- [5] Gani Soehadi. 2006. Penggunaan Algoritma Genetik Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk

## Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

---

*Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009*

Optimisasi Penyaluran Air Irigasi. <http://komputasi.inn.bppt.go.id/semiloka06> (Diakses 12 Mei 2007)

- [6] Wawan Taufiq N, Silvia Rostianingsih. Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Pemilihan Portfolio Saham Dalam Model Markowitz. *Jurnal Informatika Vol. 6, No. 2, Nopember 2005: 105 – 109.* <http://puslit.petra.ac.id/journals/informatics/> (diakses 12 Mei 2007)
- [7] Thiang, Ronald Kurniawan, Hany Ferdinando. 2001. Implementasi Algoritma Genetika pada mikrokontroler MCS51 Untuk Mencari Rute Terpendek. <http://Faculty.petra.ac.id> (diakses 12 Mei 2007)