

SIMULASI PENGENDALIAN MOTOR ARUS SEARAH BERBASIS SIMULINK MATLAB

*Yusran, Rizky P.P , Sri Mawar Said

Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino km 6, Bontomarannu, Gowa - 92171

*Email: yusran@unhas.ac.id

Abstrak

Topik penelitian ini adalah simulasi pengendalian motor arus searah (DC) berbasis Simulink Matlab. Adapun fokus penelitian berupa pemodelan serta investigasi pengaruh tahanan jangkar dan beban terhadap respon kecepatan motor DC. Pemodelan dilakukan melalui tiga tahap yaitu pemodelan fisik, pemodelan matematis dan pemodelan simulink Matlab dengan menggunakan fungsi nisbah alih. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemakaian nilai resistansi jangkar yang besar akan menyebabkan respon kecepatan menjadi lebih lama namun tanpa overshoot saat transien untuk kondisi tanpa beban. Adapun penambahan beban luar akan menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan secara signifikan.

Kata kunci: motor arus searah (DC), pemodelan, tahanan jangkar, beban, kecepatan

PENDAHULUAN

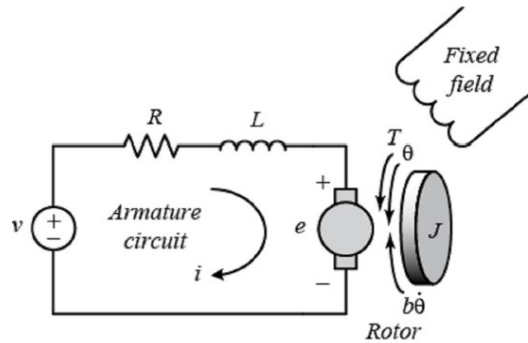
Motor arus searah (DC) merupakan salahsatu jenis motor listrik dengan penggunaan yang sangat luas baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Motor DC umumnya digunakan untuk menggerakkan sejumlah peralatan listrik antara lain kereta listrik, elevator, kipas angin, pompa dan peralatan mobil. Peralatan yang digerakkan oleh motor DC ini, mempunyai karakteristik torsi-kecepatan tertentu [1]. Adapun karakteristik torsi kecepatan dari motor DC harus disesuaikan dengan tipe beban yang digerakkan.

Motor DC telah lama terkenal dalam area kontrol industri karena memiliki banyak keunggulan karakteristik antara lain torka start yang tinggi, kinerja respon yang tinggi serta lebih mudah untuk linear [2]. Motor DC juga mempunyai karakteristik kopel-kecepatan yang lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan motor AC.

Penerapan motor listrik pada umumnya berada pada tiga aspek operasi yaitu starting, pengendalian kecepatan dan pengereman. Dalam sistem pengendalian dikenal dua sistem yaitu pengendalian sistem loop terbuka (*open loop controller*) dan pengendalian sistem loop tertutup (*closed loop controller*) [3]. Dewasa ini pengendalian kecepatan motor listrik memegang peranan penting pada dunia industri. Tujuan dari pengontrolan kecepatan motor adalah agar motor berjalan sesuai dengan kecepatan yang diinginkan, meskipun terjadi perubahan beban.

MODEL FISIK MOTOR DC

Sebuah model fisik sederhana motor DC ditunjukkan melalui Gambar 1 [4]. Motor DC yang disimulasikan dalam penelitian ini, mempunyai sejumlah asumsi dan parameter. Untuk keperluan simulasi, input dari sistem diasumsikan berupa sumber tegangan (V) yang diterapkan pada armatur motor atau kumparan jangkar. Adapun tegangan stator dibuat konstan sehingga pengaturan kecepatan hanya berdasarkan pada pengaturan tegangan atau arus jangkar saja. Adapun outputnya adalah kecepatan rotasi poros $d\theta/dt$. Rotor dan poros diasumsikan kaku atau diam berputar pada porosnya. Lebih lanjut pada pemodelan juga dimisalkan terdapat gesekan *viscous* yang berefek terhadap torka dimana besarnya gesekan *viscous* diasumsikan sebanding dengan kecepatan sudut rotor. Parameter fisik dari motor DC adalah:



Gambar 1. Model fisik sederhana motor DC

▪ (J)	moment inersia dari rotor	0.01 kg.m ²
▪ (b)	konstanta gesekan <i>viscous</i>	0.1 N.m.s
▪ (Ke)	konstanta EMF	0.01 V/rad/sec
▪ (Kt)	konstanta torka motor	0.01 N.m/Amp
▪ (R)	resistansi belitan rotor	1 ohm
▪ (L)	induktansi belitan rotor	0.5 H
▪ (E)	tegangan input	100 Vdc

MODEL MATEMATIS MOTOR DC

Umumnya, torsi yang dihasilkan oleh motor DC adalah sebanding dengan arus armatur dan kuat medan magnet stator. Dalam simulasi ini diasumsikan bahwa medan magnet stator konstan sehingga torsi motor hanya sebanding dengan arus i atau arus armatur pada rotor dengan faktor Kt konstan sebagaimana yang ditunjukkan dalam persamaan di bawah ini. Hal ini dikenal sebagai motor dengan pengontrolan armatur.

$$T = K_t i \quad (1)$$

Adapun emf balik proporsional terhadap kecepatan sudut dari poros rotor dengan faktor konstanta k_e dinyatakan dengan:

$$e = K_e \dot{\theta} \quad (2)$$

Persamaan mekanis motor DC yaitu

$$J \frac{d^2 \theta}{dt^2} = T - b \frac{d\theta}{dt} \Rightarrow \frac{d^2 \theta}{dt^2} = \frac{1}{J} \left(K_t i - b \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (3)$$

Dari persamaan terlihat bahwa torka yang dihasilkan motor DC sebanding dengan perkalian momen inersia dan percepatan sudut rotor. Karena adanya gesekan *viscous* pada rotor maka besar torka output akan terpengaruh sehingga perkalian momen inersia dan percepatan sudut akan sebanding dengan torka dikurangi redaman torka akibat gesekan *viscous*. Apabila motor terkopel beban pada saat *starting* maka torka eksternal akan dimasukkan ke dalam persamaan yang menjadi pengurang terhadap torka awal dengan tanda yang sama seperti redaman akibat gesekan *viscous*.

Persamaan listrik motor DC dengan demikian menjadi:

$$L \frac{di}{dt} = -Ri + V - e \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{L} \left(-Ri + V - K_e \frac{d\theta}{dt} \right) \quad (4)$$

Persamaan yang terlihat diatas tidak lain adalah aplikasi dari hukum Kirchoff, dimana jumlah tegangan dalam suatu loop tertutup adalah sama dengan nol. e disini adalah emf balik yang diinduksikan ke rotor saat motor beroperasi.

PEMODELAN MENGGUNAKAN SIMULINK MATLAB

Model yang dibuat pada simulink Matlab adalah implementasi persamaan matematis yaitu persamaan mekanis dan listrik dari motor DC ke dalam sebuah sistem yang terdiri dari bagan kotak [3], [4]. Tentunya sistem yang dibuat memiliki input dan output. Inputnya adalah tegangan jangkar dan outputnya adalah kecepatan rotor. Terdapat 2 pilihan dalam memodelkan motor DC ini yaitu dengan menggunakan model nisbah alih atau dengan menggunakan model ruang keadaan. Simulasi ini menggunakan model nisbah alih. Hal tersebut karena banyaknya parameter yang dirasa perlu untuk ditampilkan dalam simulasi yang dengan penggunaan model nisbah alih akan menjadi lebih mudah. Hal tersebut berbeda bila menggunakan model ruang keadaan dimana parameter internal motor DC tidak bisa ditampilkan. Hal ini dikarenakan pada model tersebut persamaan-persamaan yang ada pada motor DC dibuat menjadi 1 persamaan tunggal saja dengan konversi parameter-parameter yang ada menjadi koefisien A, B, C, D.

Semua persamaan dalam pemodelan motor DC yang berbentuk persamaan differensial dan integral harus ditransformasi ke dalam bentuk laplace-nya, dimana :

$$\int \frac{d^2\theta}{dt^2} dt = \frac{d\theta}{dt} \tag{5}$$

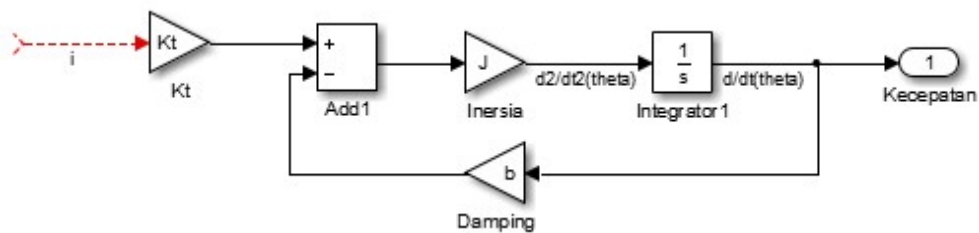
$$\int \frac{di}{dt} dt = i \tag{6}$$

sehingga :

$$\frac{1}{s} \frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{d\theta}{dt} \tag{7}$$

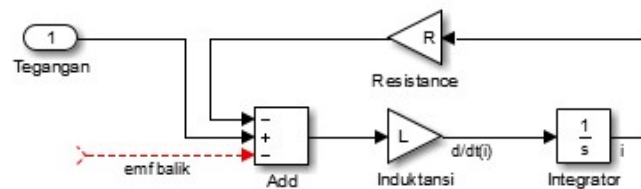
$$\frac{1}{s} \frac{di}{dt} = i \tag{8}$$

Untuk persamaan mekanis motor DC, model simulinknya adalah :



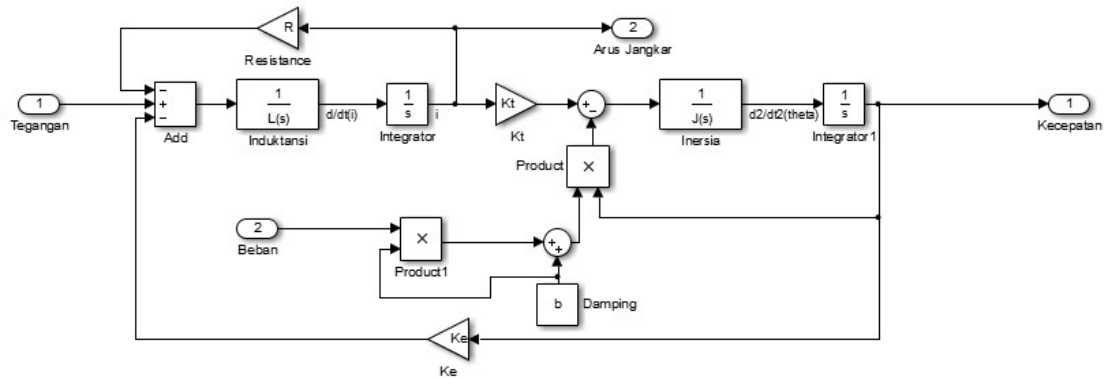
Gambar 2. Model simulink persamaan mekanis motor DC

Untuk persamaan listrik motor DC, model simulinknya adalah :



Gambar 3. Model simulink untuk persamaan listrik motor DC

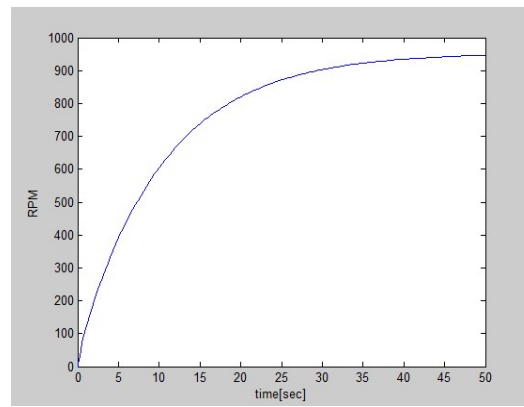
Dengan menggabungkan model mekanis dan listrik motor DC maka didapatkan model motor DC dimana inputnya adalah tegangan jangkar (V) dan outputnya adalah kecepatan rotor (rad/s)



Gambar 4. Model motor DC dalam simulink MATLAB

HASIL DAN PEMBAHASAN

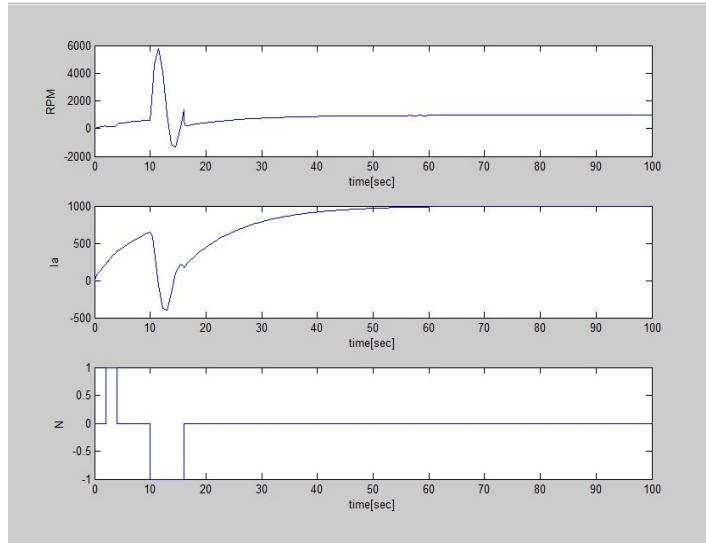
Parameter motor DC yang dimasukkan dalam simulasi adalah berdasarkan parameter fisik yang sebelumnya telah ditentukan. Respon kecepatan sebagai fungsi waktu ditunjukkan pada Gambar 5. Dari grafik terlihat bahwa respon motor memiliki *settling* time yang tinggi yaitu > 50 s. Dari grafik juga terlihat tidak ada osilasi saat kondisi transien. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh nilai parameter induktansi dan resistansi yang terlalu tinggi. Pada kondisi real, nilai resistansi motor DC hanya sekitar 0,1 ohm atau kurang dari itu. Karena besarnya redaman arus akibat resistansi yang besar akan mengakibatkan respon kecepatan motor DC menjadi lebih lama, tetapi dengan konsekuensi tidak adanya overshoot dalam waktu transienya.



Gambar 5. Respon kecepatan sebagai fungsi waktu dalam kondisi tanpa beban

Adapun untuk melihat respon motor terhadap perubahan beban maka diberikan torka eksternal dalam selang waktu 4-6 dt serta 10-16 dt sebesar 1 Nm. Setelah itu hasil simulasi di *run* dan hasil plot simulasi di tampilkan melalui m-file Matlab. Respon motor setelah motor DC terhubung dengan torka eksternal ditunjukkan pada Gambar 6.

Dengan adanya tambahan beban maka pada grafik akan kelihatan terjadinya fluktuasi kecepatan yang sangat signifikan saat beban diberikan. Hal tersebut terjadi karena beban diberikan pada saat kecepatan belum dalam kondisi *steady state*. Implikasinya adalah amplitudo kecepatan menjadi sangat tinggi dan *clearing time* - nya menjadi lebih lama. Berdasarkan hasil tersebut maka pada penelitian lanjutan akan dilakukan penambahan pengontrolan PID untuk memberikan hasil yang lebih baik.



Gambar 7. Respon kecepatan, arus jangkar, kecepatan sudut rotor sebagai fungsi waktu dalam kondisi adanya torka eksternal

KESIMPULAN

1. Motor DC berhasil dimodelkan dan disimulasikan dengan menggunakan Simulink Matlab dalam penelitian ini.
2. Untuk kondisi tanpa beban, besarnya redaman arus akibat resistansi yang besar mengakibatkan respon kecepatan motor DC menjadi lebih lama, tetapi dengan konsekuensi tidak adanya *overshoot* dalam waktu transienya.
3. Saat terjadi penambahan beban maka akan terjadi fluktuasi kecepatan yang sangat signifikan. Permasalahan ini akan diteliti lebih lanjut dengan penambahan kontrol PID pada rangkaian simulasi.

PUSTAKA

- [1]. Harifuddin, 2008, Pemodelan dan Pengendalian Motor DC Terkendali Jangkar, Media Elektrik Vol 3, Nomor 1
- [2] Singh A.P., Narayan U, Verma A., 2013, Speed Control of DC Motor Using PID Controller Based on Matlab, Innovative Systems Design and Engineering, Vol.4, No.6
- [3] Ogata Katsuhiko dan Leksono Edi, 1989, Teknik Kontrol Automatik, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta
- [4] <http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=MotorSpeed§ion=Simulink> Modeling, DC Motor Speed : Simulink Modeling, diakses 20 Oktober 2017