

SIMULASI PENGASUTAN MOTOR DC MENGUNAKAN SIMULINK

(Untuk Diaplikasikan Sebagai Penggerak Pintu Radiasi Sinar-X)

Ignatius Agus Purbhadi W.

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN
Jalan Babarsari KP 6101 YKBB Yogyakarta 55281 Tlp. :0274-484085
Email : purbhadi1972@hotmail.com

ABSTRAK

SIMULASI PENGASUTAN MOTOR DC MENGGUNAKAN SIMULINK UNTUK DIAPLIKASIKAN SEBAGAI PENGGERAK PINTU RADIASI SINAR-X. Telah dilakukan penelitian simulasi pengasutan motor DC menggunakan Matlab/Simulink yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh tahanan asut terhadap arus dan torsi pada saat menjalankan motor dc yang diaplikasikan sebagai penggerak pintu penahan radiasi sinar-X dan sebagai alat peraga sarana pendidikan. Penelitian simulasi pengasutan motor dc dengan Matlab/Simulink ini menggunakan model motor dc dengan daya 2 hp, 220 volt, arus kumparan medan 1 ampere. Model motor dc tersebut selanjutnya dibuat simulasi komputer dengan program Simulink. Hasil simulasi program Matlab/Simulink menunjukkan bahwa pada penggunaan tahanan asut terjadi penurunan arus start yang sangat signifikan yaitu sebesar 18 ampere, dan 33 ampere bila dihubung langsung dengan arus nominal 8 ampere. Dan torsi elektromagnet yang dihasilkan motor dc saat start juga mengalami penurunan dari 74 Nm menjadi 42 Nm bila menggunakan tahanan asut dengan torsi nominal 18 Nm.

Kata kunci : simulasi, motor dc, pengasutan, pintu radiasi sinar-X.

ABSTRACT

SIMULATION OF DC MOTOR STARTING USING SIMULINK FOR APPLIED ON DRIVER X-RAYS RADIATION SHIELDING GATE . Starting a dc motor simulation study has been carried out using Simulink. This study aims to determine the influence of starting resistance to the current and torque when running on the applied dc motor to drive a X-rays radiation shielding gate and can be used for education learning tools. Starting with a dc motor simulation Simulink models a dc motor with power 2 hp, 220 volt, 1 ampere field coil current. And then, the dc motor model is created with a computer simulation program using Simulink. The results simulation program Simulink show that the use of starting resistance declined significantly starting current that is equal to 18 amperes, and 33 amperes when connected directly to the nominal current 8 amperes. And the resulting electromagnetic torque dc motor at start also decreased from 74 Nm to 42 Nm when using starting resistance early with a nominal torque of 18 Nm.

Keywords: simulation, dc motor, starting, X-rays shielding gate.

PENDAHULUAN

Motor arus searah merupakan mesin listrik yang menggunakan tenaga listrik arus searah atau disingkat dc (direct current) yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran. Motor dc masih banyak digunakan sebagai penggerak di bidang industri, kontrol posisi, dan sistem kontrol karena salah satu keunggulan

dari motor dc adalah mudah untuk dilakukan pengaturan kecepatannya dibanding dengan motor ac atau motor induksi.

Makalah ini akan mengkaji penggunaan motor dc yang diaplikasikan sebagai penggerak pintu penahan radiasi Sinar-x untuk keperluan radiodiagnostik di bidang industri. Seperti kita ketahui bahwa pada saat starting motor

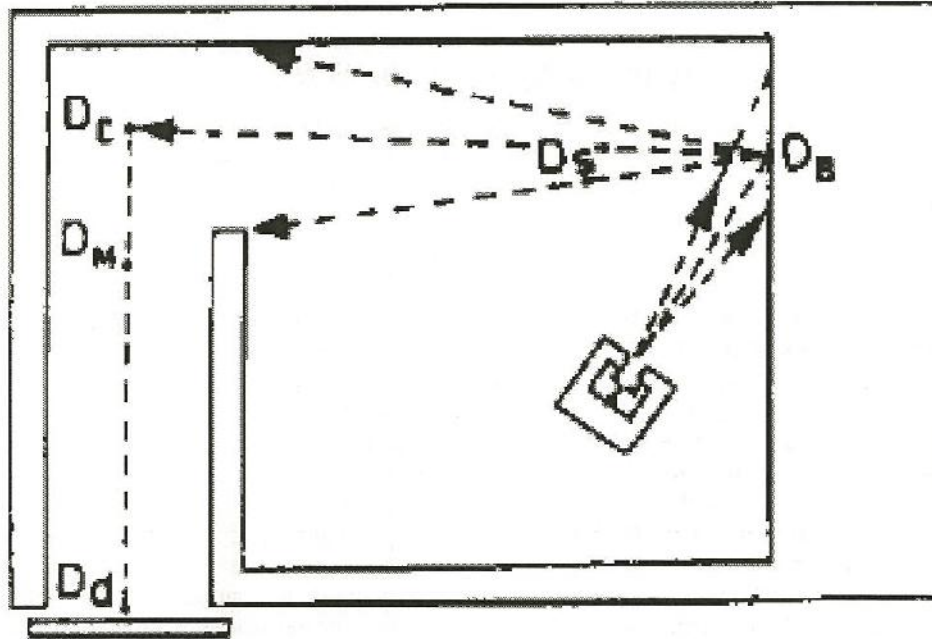
* Corresponding author. Tel/Fax: 0274-484085
Email address: purbhadi1972@hotmail.com

dc membutuhkan arus start yang besar yang dapat menyebabkan kerugian diantaranya kerusakan sikat maupun kumparan motor yang terbakar akibat arus start yang berlebihan. Dalam kajian penggunaan motor dc sebagai penggerak pintu radiasi ini, penulis menggunakan simulasi Matlab/Simulink untuk mengetahui pengaruh penggunaan tahanan mula terhadap arus starting dan torsi mekanik motor dc yang diaplikasikan sebagai

penggerak pintu radiasi pesawat sinar-X di bidang industri.

Dinding Ruang Sinar-X

Tebal dinding beton atau timbal penahan paparan radiasi sinar-X industri bertegangan 250 kV, memerlukan ketebalan minimum dinding beton setebal 50 cm atau



Gambar1. Contoh rancangan dinding penahan radiasi Sinar-X^[1]

timbal setebal 10 mm. Dan jalan masuk ke ruang sumber radiasi dibuat jalan masuk yang berliku untuk menahan radiasi hamburan sehingga radiasi tidak langsung mengenai pintu jalan masuk ruang sinar-X seperti Gambar 1^[1]. Walaupun tidak secara langsung mendapatkan radiasi sinar-X, namun karena bobot dari pintu penahan radiasi tersebut, maka perlu di desain sedemikian rupa sehingga dapat dioperasikan secara otomatis dengan menggunakan sistem elektrik berupa penggerak motor dc.

Laju dosis pada bagian tengah jalan berliku (titik "C") tersebut, dapat dihitung secara sederhana dengan rumus:

$$D_C = D_S : (\text{jarak antara B ke C})^2 \quad (1)$$

dengan titik S berada 1 meter dari titik B. Laju dosis pada jarak 1 meter pada jalan berliku di titik M dapat dihitung dengan rumus:

$$D_M = D_C \times 10 \% \quad (2)$$

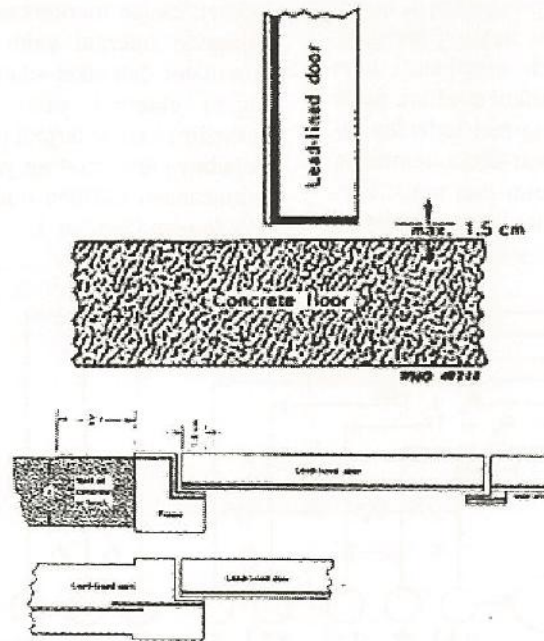
laju dosis pada pintu d dapat dihitung melalui rumus:

$$D_d = D_M : (\text{jarak dari C ke d})^2 \quad (3)$$

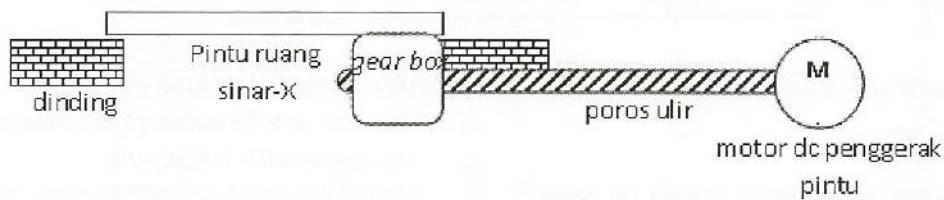
Rancangan Pintu Ruang Sinar-X

Beberapa rancangan pintu penutup ruangan untuk sumber radiasi direkomendasikan oleh IAEA^[2] seperti pada Gambar 2. Pintu yang dilapisi timbal atau timah hitam yang diadopsi dari World Health Organization (WHO) 40218, tinggi maksimum yang diperbolehkan dari lantai beton adalah 1,5 cm untuk menghindari adanya paparan radiasi primer secara langsung yang menumbuk pintu tersebut. Demikian juga pintu dan rangka pintu harus terdiri dari timbal yang sama kualitasnya baik pada pintu maupun rangka pintunya. Bagian lebih dari pintu yang saling tumpang tindih dengan rangka pintu, minimal tidak kurang dari 1,5 cm.

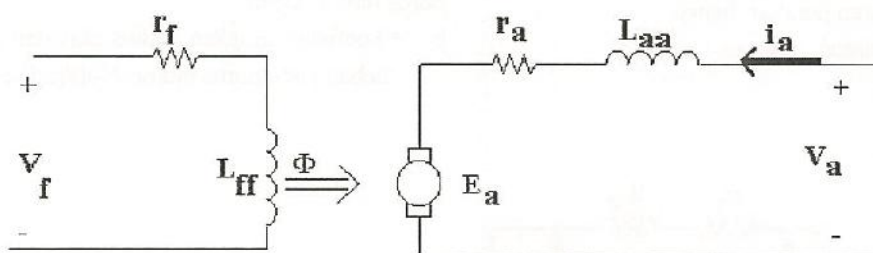
Pintu ruang Sinar-X di desain menggunakan motor dc sebagai penggerak, dengan menggunakan poros ulir yang berputar menggerakkan sistem mekanik gearbox yang dipasang pada bagian atas pintu seperti pada Gambar 3. Sehingga pintu akan membuka dan menutup dengan gerakan ke kanan dan kekiri sesuai arah putaran motor dc.



Gambar 2. Beberapa petunjuk rancangan pintu ruang untuk sumber radiasi[2]



Gambar 3. Rancangan motor dc penggerak pintu ruang Sinar-X



Gambar 4. Rangkaian motor arus searah berpenguat terpisah[5]

Motor arus searah (DC)

Pada prinsipnya mesin listrik dapat berlaku sebagai motor maupun generator. Perbedaannya hanya terletak dalam konversi dayanya. Generator adalah sebuah mesin listrik yang mengubah daya masuk mekanik menjadi daya keluar listrik, sedangkan sebaliknya motor mengubah daya masuk listrik menjadi daya keluar mekanik [6]. Gambar 4 merupakan rangkaian motor arus searah berpenguat terpisah (medan magnet shunt mendapatkan arus listrik yang berbeda dengan rotornya).

Pada motor arus searah berpenguat terpisah, berlaku persamaan-persamaan berikut :

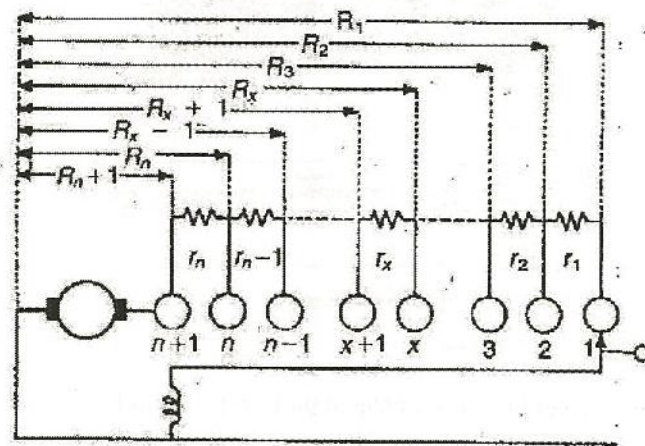
$$E_a = V_a - I_a R_a \quad (4)$$

dengan \$I_a\$ dan \$R_a\$ adalah arus dan tahanan jangkar, \$V_a\$ adalah tegangan sumber jangkar sedangkan \$E_a\$ merupakan gaya gerak listrik lawan.

Menjalankan motor (starting)

Ketika motor dijalankan, kecepatan dan tegangan induksi E_a masih sama dengan nol. Dan dari persamaan 1, untuk $E_a = 0$ dan R_a yang cukup kecil, arus I_a yang mengalir besar sekali. Oleh karena itu, untuk membatasi arus jangkar (I_a) yang sangat besar pada waktu start ini, perlu diberikan tahanan mula yang dipasang seri terhadap tahanan jangkar tersebut. Secara perlahan-lahan kemudian tegangan induksi dibangkitkan dan rotor pun mulai berputar. Bersamaan dengan ini tahanan mula tersebut harus diturunkan. Penurunan tahanan mula yang dipasangkan

ini dapat dikerjakan dengan tangan (oleh manusia secara manual dengan menggeser tahanan variabel) atau otomatis (dengan reley elektromagnetik). Arus start yang berlebihan sangat merugikan baik internal maupun external. Kerugian internal yaitu dapat merusakkan kumparan, komutator dan sikat-sikat pada motor dc, sedangkan kerugian eksternal yaitu terjadinya flicker (gangguan berkedip) karena terjadi penurunan sumber tegangan saat terjadinya arus starting yang sangat besar. Prinsip dalam perencanaan tahanan mula (tahanan asut) dapat dijelaskan dengan Gambar 5.



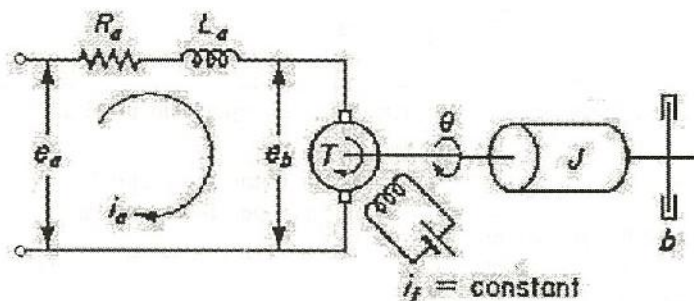
Gambar 5. Prinsip perencanaan tahanan asut untuk menjalankan motor DC[6]

Pemodelan motor DC

Model motor DC dengan pengontrolan jangkar [3] dapat dilihat pada Gambar 6. Pada sistem ini parameter model motor DC adalah sebagai berikut:

- R_a = tahanan kumparan jangkar, ohm
- L_a = induktansi kumparan jangkar, henry
- i_a = arus kumparan jangkar, ampere
- i_f = arus medan

- e_a = tegangan yang dikenakan pada kumparan, volt
- e_b = gaya gerak listrik lawan, volt
- θ = perpindahan sudut dari poros motor, radian
- T = torsi yang diberikan oleh motor, N-m
- J = momen inersia ekuivalen dari motor dan beban pada poros motor, $kg \cdot m^2$
- b = koefisien gesekan viskos ekuivalen dari motor dan beban pada poros motor, N-m/rad/sec



Gambar 6. Model motor DC^[3]

Torsi T yang dihasilkan motor berbanding lurus dengan hasil kali dari arus kumparan i_a dan fluks celah udara ψ , yang berbanding lurus dengan medan atau

$$\psi = K_f i_f \quad (5)$$

dengan K_f adalah konstantan, sehingga torsi T dapat ditulis sebagai

$$T = K_f i_f K_1 i_a \quad (6)$$

dengan K_1 adalah konstanta.

Untuk medan arus konstan, fluks juga konstan dan torsi mempunyai arah sesuai arus kumparan magnet, sehingga

$$T = K i_a \quad (7)$$

dengan K adalah konstan torsi motor. Bila tanda arus ia dibalik, maka tanda torsi T juga akan berbalik. Hal ini akan menyebabkan berbaliknya arah putaran motor.

Bila kumparan magnet berputar, maka tegangan akan sebanding dengan hasil kali fluks dan kecepatan sudut yang diinduksikan pada kumparan magnet. Untuk fluks yang konstan, tegangan induksi eb berbanding lurus dengan kecepatan sudut dθ/dt, atau

$$e_b = K_b \frac{d\theta}{dt} \quad (8)$$

dengan eb adalah ggl lawan dan Kb konstanta ggl lawan.

Kecepatan jangkar motor DC dikendalikan oleh tegangan sumber ea. Persamaan diferensial dari rangkaian tersebut adalah

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + e_b = e_a \quad (9)$$

Arus jangkar magnet menghasilkan torsi yang bekerja terhadap inersia dan gesekan, sehingga

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + b \frac{d\theta}{dt} = T = K i_a \quad (10)$$

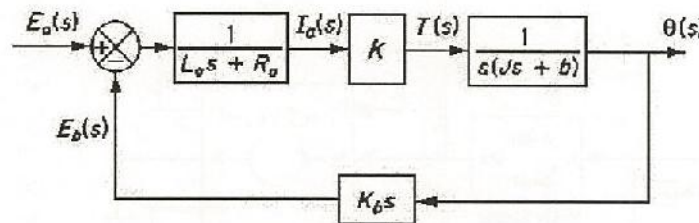
Dengan menganggap semua syarat awal nol, dan menggunakan transformasi Laplace untuk Persamaan 5, 6 dan 7, diperoleh persamaan sebagai berikut

$$K_b s \theta(s) = E_b(s) \quad (11)$$

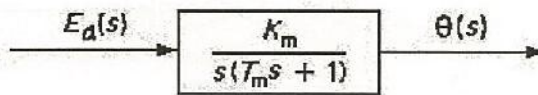
$$(L_a s + R_a) I_a(s) + E_b(s) = E_a(s) \quad (12)$$

$$(Js^2 + bs)\theta(s) = T(s) = K I_a(s) \quad (13)$$

Dari persamaan 11 menunjukkan bahwa Ea(s) adalah sebagai masukan dan θ(s) adalah keluaran, sehingga berdasarkan persamaan 11, 12 dan 13 dapat dibuat diagram blok [3] seperti Gambar 7a dan 7b berikut



(a) Diagram blok



(b) Penyederhanaan diagram blok

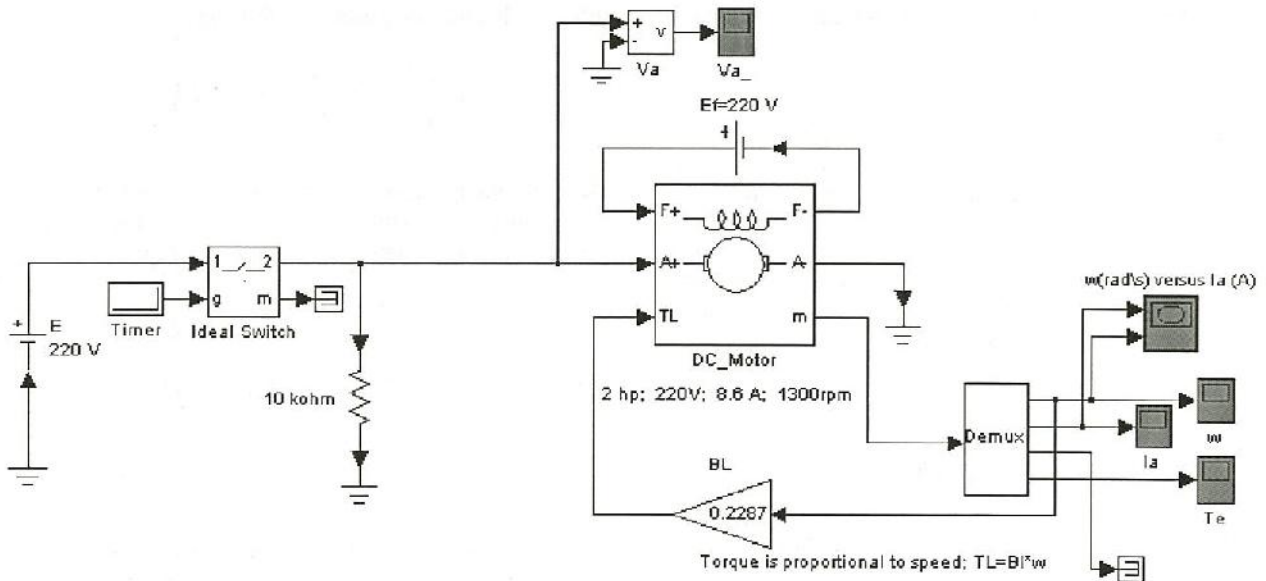
Gambar 7. Diagram blok berdasarkan persamaan 11, 12 dan 13

(Ogata, K., 1997)

METODE PENELITIAN

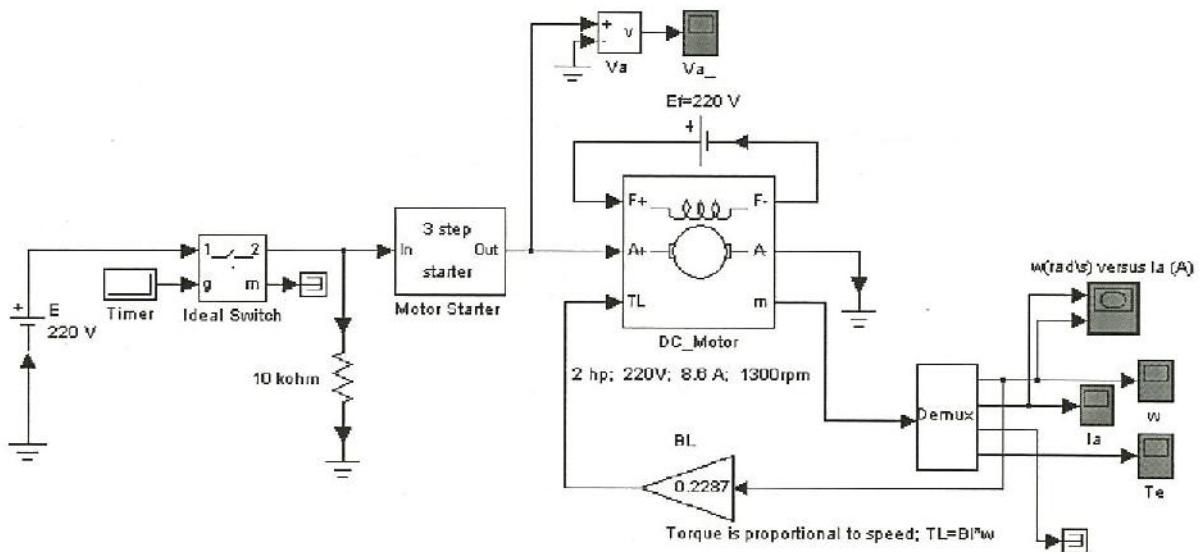
Model motor DC untuk selanjutnya dibuat simulasi menggunakan komputer [4] dengan daya motor DC 2 HP, 220 volt, seperti pada Gambar 8 simulasi motor DC

tanpa menggunakan tahanan asut, dan Gambar 9 simulasi motor DC dengan tahanan asut. Tahanan asut yang digunakan terdiri dari 3 step dengan nilai tahanan berturut-turut sebesar 3 ohm, 1,5 ohm dan 0,5 ohm seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



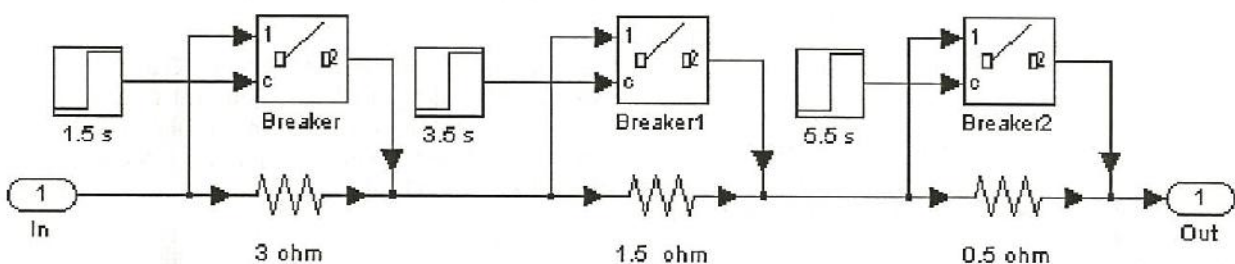
Starting motorDC 2 HP 220V tanpa pengasutan

Gambar 8. Simulasi motor DC tanpa tahanan asut



Starting motorDC 2 HP 220V dengan tahanan asut 3 step otomatis

Gambar 9. Simulasi motor DC dengan tahanan asut



Gambar 10. Tiga step tahanan asut motor DC (3 ohm; 1,5 0hm dan 0,5 ohm)

Simulasi model motor DC dibuat menggunakan model yang terdapat pada Simulink Power System Blockset program MATLAB versi 6,1. Parameter

mesin DC yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Parameter motor DC yang digunakan

R_a	L_a	R_f	L_f	L_{af}	J	P	V_a, V_f	I_f
(ohm)	(H)	(ohm)	(H)	(H)	(kg m ²)	(HP)	(volt)	(A)
6	0,22	400	90	4,2	1	2,0	220	1

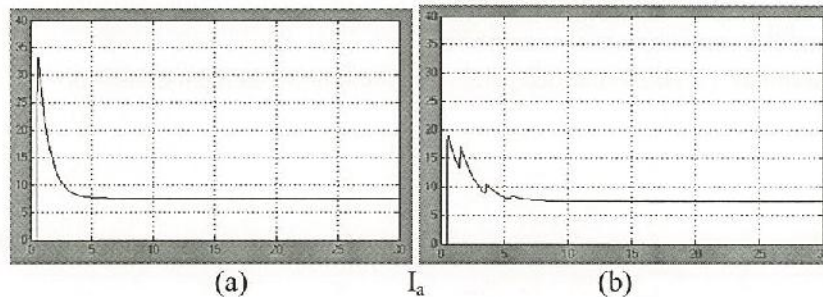
HASIL DAN PEMBAHASAN

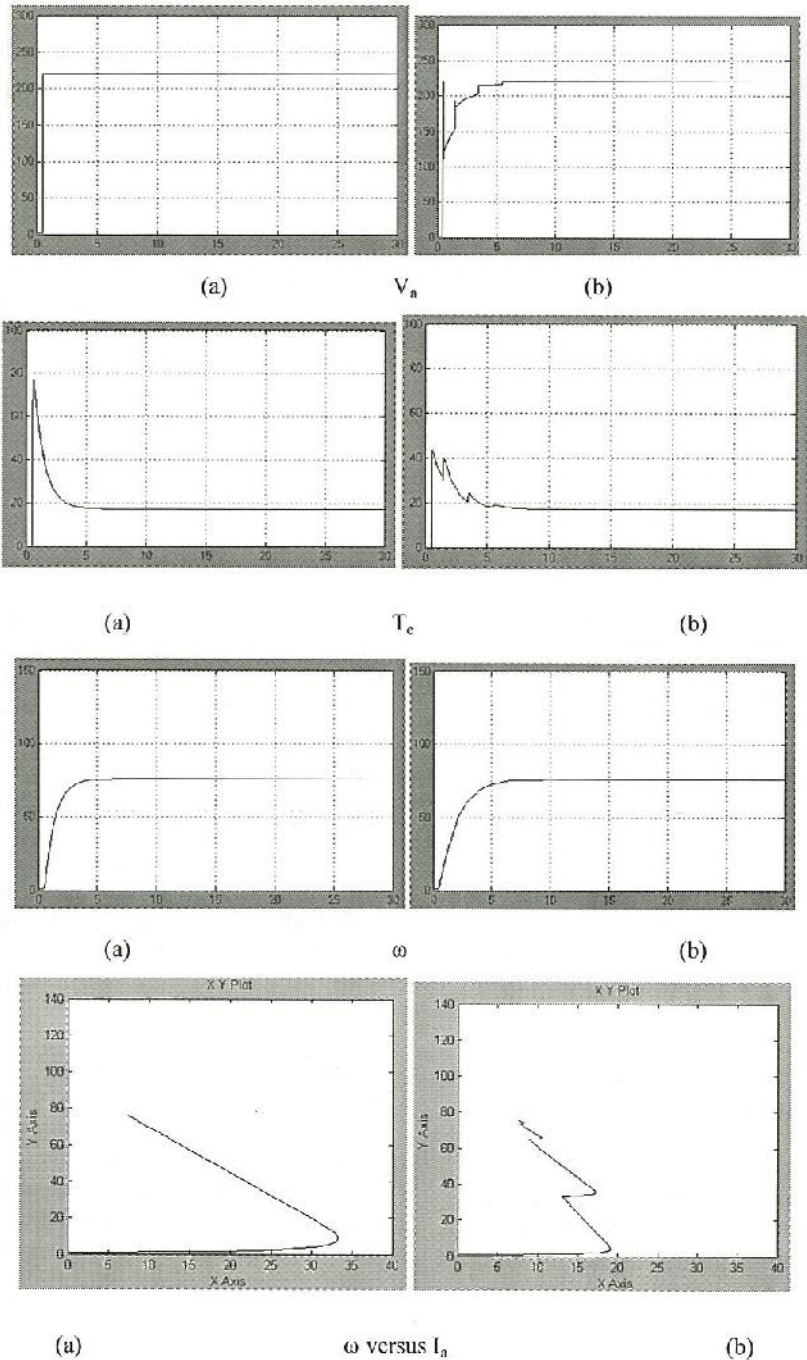
Hasil dari simulasi Matlab/Simulink yang dilakukan adalah membandingkan dua macam simulasi antara pengasutan motor DC tanpa tahanan asut dan simulasi motor DC dengan menggunakan tahanan asut. Parameter yang ditampilkan adalah I_a , V_a , T_e , ω , dan I_a versus ω . Seperti terlihat pada Gambar 11a tanpa pengasutan, dan Gambar 11b dengan pengasutan.

Dari kedua macam pengasutan motor DC (tanpa tahanan dan dengan tahanan) terlihat perbedaan yang mencolok, terutama arus jangkar I_a menjadi lebih kecil saat starting dengan menggunakan tahanan asut. Saat tanpa tahanan asut, arus start yang terjadi hampir mencapai 35 ampere. Saat dengan tahanan asut, arus start yang terjadi hanya pada kisaran 18 ampere. Arus start yang berlebihan dapat menimbulkan dampak yang sangat merugikan, karena akan merusakkan komutator maupun sikat-sikat arangnya. Selain itu bila arus start yang terjadi pada durasi waktu yang lama (saat beban penuh) dan berulang terus-menerus, lambat laun kumparan jangkar juga dapat mengalami kerusakan atau terbakar disebabkan oleh panas berlebihan yang terjadi pada saat starting. Hasil simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Torsi omputer gnet yang dihasilkan saat starting menggunakan tahanan asut juga mengalami penurunan. Hal ini sangat menguntungkan bila motor digunakan untuk menjalankan mesin yang memerlukan torsi awal yang halus sehingga getaran yang ditimbulkan pada saat mula dihidupkan tidak terlalu besar. Dengan torsi awal yang tidak terlalu besar akan membuat sambungan sekrup maupun baud pada omput penggerak tidak akan menerima kejutan beban yang besar pada saat start. Hal ini sangat cocok bila diterapkan pada omput penggerak pintu radiasi Sinar-X yang memiliki bobot yang cukup berat karena terbuat dari timbel sehingga dapat mengurangi resiko kecelakaan akibat sambungan baud yang kendur akibat getaran.

Simulasi pengasutan motor dc menggunakan Matlab/Simulink juga sangat bermanfaat bagi sarana pendidikan terutama sebagai alat peraga pendidikan yang aman dan efisien. Simulasi pengasutan motor dc dengan Matlab/Simulink dapat mengurangi resiko kerusakan motor dc karena pengasutan yang berulang-ulang, karena motor dc yang digunakan bukan motor dc sesungguhnya namun berupa simulasi omputer.





Gambar 11. Hasil simulasi pengasutan motor DC dengan Simulink

Tabel 2. Parameter arus dan torsi hasil simulasi starting motor dc menggunakan Simulink

Arus Starting (ampere)		Arus nominal (ampere)	Torsi Starting (N m)		Torsi Nominal (N m)
Tanpa tahanan	Dengan tahanan		Tanpa tahanan	Dengan tahanan	
33	18	8	74	42	18

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Model pengasutan motor DC yang dibuat dapat berjalan baik dengan menggunakan simulasi Simulink untuk diaplikasikan sebagai penggerak pintu penahan radiasi sinar-X.
2. Penggunaan tahanan asut pada model motor dc 2 hp 220 volt menghasilkan penurunan arus start yang sangat signifikan hingga sebesar 18 ampere, dan 33 ampere bila dihubung langsung dengan arus nominal 8 ampere. Dan torsi elektromagnet yang dihasilkan motor dc saat start juga mengalami penurunan dari 74 Nm menjadi 42 Nm bila menggunakan tahanan asut dengan torsi nominal 18 Nm.
3. Simulasi pengasutan motor dc menggunakan Matlab/Simulink sangat bermanfaat bagi sarana pendidikan terutama sebagai alat peraga pendidikan yang aman dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

1. SOEDARDJO, 1999, "Penahan Radiasi Sinar-X Untuk Keperluan Radiodiagnostik Suatu Puskesmas", Buletin Alara, PPTKN-BATAN, Tangerang
2. IAEA, "The safe use of radiation source", Training course series no. 6, Austria, 1995, pp. 32 – 318.
3. OGATA, K., 1997, "Teknik Kontrol Automatik", Erlangga, Jakarta
4. SUPRIYONO, 2011, "Diktat Pemrograman Matlab Untuk Membangun Simulasi dan Kecerdasan Buatan Dalam Bidang Teknologi Proses", STTN-BATAN, Yogyakarta
5. UTEC, 2007, "Direct-Current Machine" University College of Engineering & Teknologi Malaysia, Malaysia
6. ZUIHAL, 1991, "Dasar Tenaga Listrik", ITB, Bandung