

BAB 4

SIMULASI DAN ANALISA

Untuk menguji hasil rancangan pengendalian motor induksi tiga fasa metode kendali torsi langsung dan *duty ratio* yang telah dibahas pada bab sebelumnya dilakukan simulasi dengan program SIMULINK MATLAB dengan variasi beban dan kecepatan. Kemudian sebagai tujuan utama dari penelitian pada tesis ini dilakukan pengujian pengendali torsi langsung dan *duty ratio* dengan motor induksi tiga fasa yang memiliki daya kecil (1 HP), daya sedang (10 HP) dan daya besar (50 HP) untuk melihat pengaruh momen inersia terhadap putaran dinamis motor.

Pada perancangan simulasi KTL ini, blok motor diasumsikan sebagai motor induksi tiga fasa yang sebenarnya. Masukannya berupa tegangan tiga fasa yang dikeluarkan oleh sumber tegangan inverter (seperti yang telah dibahas pada bab 2). Arus stator keluaran dari motor dan nilai tegangan dari inverter akan diumpanbalikkan ke blok *observer*. Maka dalam implementasi sistem sebenarnya diperlukan sensor arus. Waktu sampling yang digunakan pada sistem yaitu 10^{-4} s, sedangkan frekwensi yang digunakan pada modulasi nilai *duty ratio* adalah 10^3 Hz.

4.1 Prosedur Simulasi

A. Simulasi Perubahan Kecepatan dengan Beban Nol

Dalam simulasi ini diberikan masukkan kecepatan awal pada saat $t=0$ sebesar 100 rad/detik kemudian pada $t= 10$ detik dinaikkan kecepatannya hingga mencapai 140 rad/detik mendekati kecepatan nominal motor. Torsi beban tetap dibuat nol.

B. Simulasi Perubahan Kecepatan dan Perubahan Beban

Pada simulasi ini diberikan masukkan kecepatan awal pada saat $t=0$ sebesar 100 rad/detik kemudian pada $t=10$ detik dinaikkan kecepatannya hingga mencapai 140 rad/detik, mendekati kecepatan nominal motor. Pada saat $t=0$ detik, diberikan beban seimbang sesuai karakteristik motor, dan pada saat $t=14$ detik,

beban dinaikkan dengan nilai yang seimbang dengan torsi maksimum beban motor.

4.2 Simulasi dengan Motor 1 HP

Berikut adalah nilai parameter motor 1 HP yang digunakan pada program simulasi:

Tabel 4.1 Parameter Motor 1 HP[3]

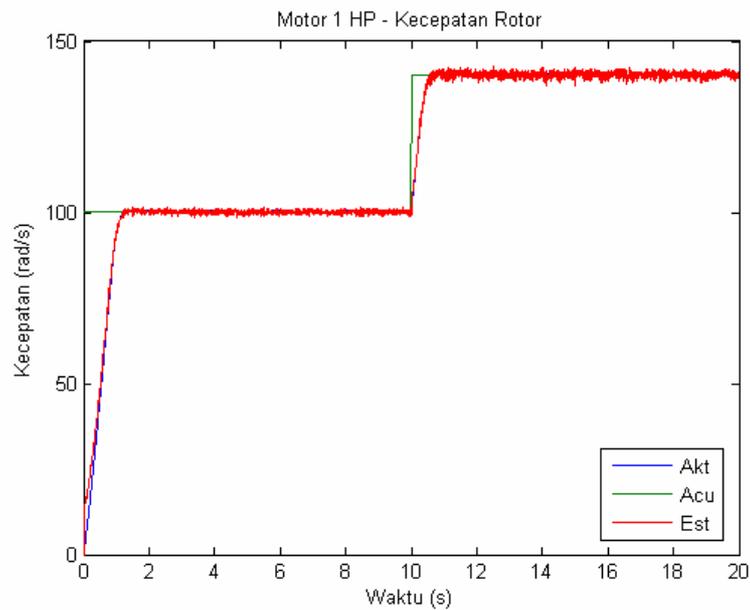
Daya	1 HP
Jumlah Pasang Kutub (N_p)	2
Resistansi Stator (R_s)	2.76 ohm
Resistansi Rotor (R_r)	2.90 ohm
Induktansi Stator (L_s)	0.2349 H
Induktansi Rotor (L_r)	0.2349 H
Induktansi magnetik (L_m)	0.2279 H
Momen Inersia (J)	0.0436 kgm ²
Koeffisien Gesekan (f)	0.0005 Nms

Dari simulasi akan dilihat kecepatan rotor (ω_r), torsi elektromagnetik motor (T_e), arus satu fasa dari stator (i_a) dan nilai *duty ratio*. Konstanta histerisis torsi = 0.08, sedangkan konstanta histerisis fluks adalah 0.0173, konstanta pada *observer* diperoleh dari percobaan, yaitu: $K = 1.105$; $K_p = 8$; $K_i = 300$. Sedangkan konstanta pengendali kecepatan yang digunakan pada simulasi, yaitu: $K_p = 0.5$ dan $K_i = 1.2$ dan Torsi max = 7 Nm.

4.2.1 Simulasi Perubahan Kecepatan dengan Beban Nol

A. Status Perubahan Kecepatan

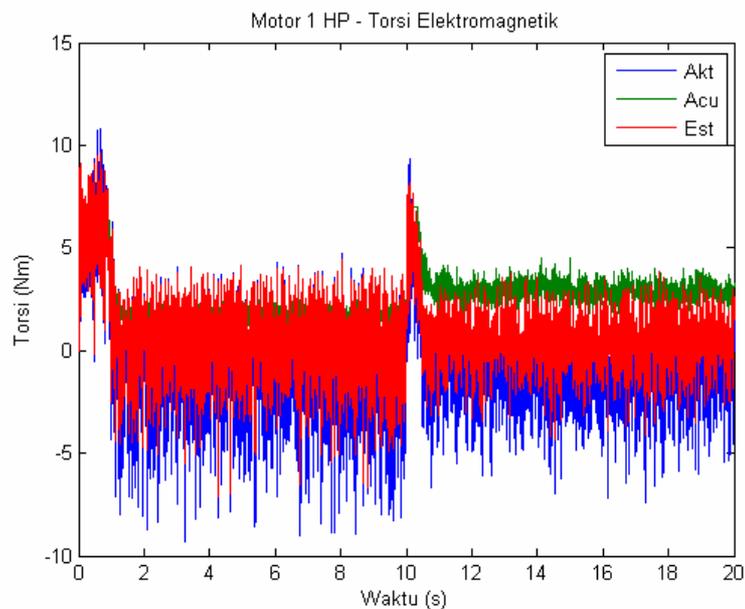
Pada metode kendali torsi langsung dengan *duty ratio* sistem merespon perubahan nilai acuan dengan baik, hal ini terlihat pada Gambar 4.1. Nilai estimasi kecepatan rotor tidak mengalami perbedaan yang besar dengan kecepatan aktualnya, hal ini membuktikan nilai konstanta k dan nilai konstanta K_p , K_i pada *observer* sudah sesuai pada daerah kerja sistem.



Gambar 4.1 Kecepatan motor 1 HP pada beban nol

B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

Pada saat proses asutan motor, torsi aktual motor mampu mengikuti torsi acuannya dengan cepat pada $t = 5$ ms seperti terlihat pada Gambar 4.2. Untuk estimasi torsi elektromagnetik memberikan hasil sesuai dengan torsi elektromagnetik aktualnya.



Gambar 4.2 Torsi Elektromagnetik motor 1 HP pada beban nol

Pada saat kecepatannya berubah di $t=10$ detik, pengendali kecepatan kembali memberikan torsi acuan yang maksimum untuk menaikkan kecepatan rotor dari 100 rad/s menuju 140 rad/s. Demikian pula torsi aktual motor mampu mengikuti torsi acuan dengan respon yang cepat yaitu sebesar 10 ms. Hal ini sesuai dengan persamaan matematis :

$$T_e = \frac{3}{2} N_p L_m \left(\frac{\psi_{ra} i_{s\beta}}{L_r} - \frac{\psi_{r\beta} i_{sa}}{L_r} \right) \quad (4.1)$$

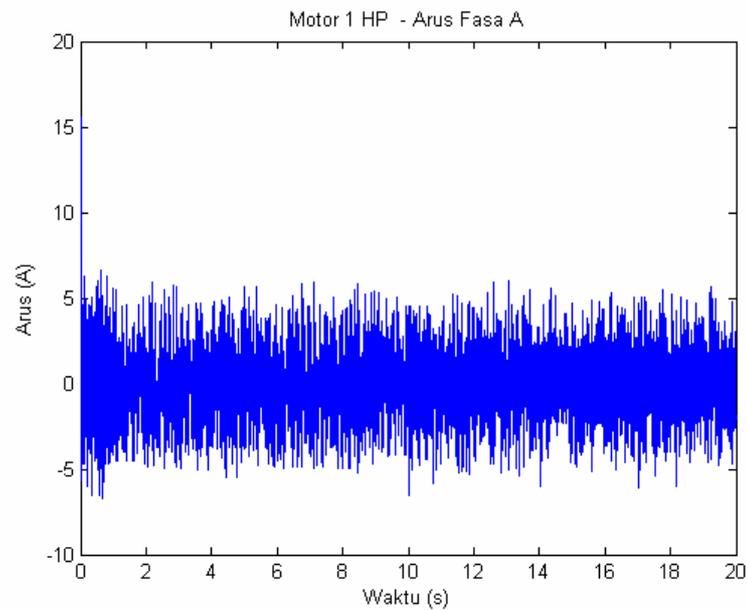
Pada Persamaan 4.1 dengan nilai fluks tetap, dan terjadi perubahan sudut yang besar dan cepat pada arus stator dalam *space phasor*, maka nilai torsi pun akan besar pula.

C. Nilai Arus Satu Fasa

Nilai arus pada fasa A pada Gambar 4.3 terlihat mengikuti karakteristik torsi pada pada saat asutan mencapai 15 A, hal ini dikarenakan pada awal asutan dapat terjadi lonjakan arus sebesar 6 kali arus nominal motor. Pada $t=10$ detik dimana pada saat itu terjadi perubahan kecepatan motor terdapat perubahan nilai arus. Terjadi perubahan pada arus pada Gambar 4.3, dimana nilai puncak positifnya turun sebesar 0.3 Ampere. Hal ini karena *duty ratio* memberikan variasi nilai tegangan VDC untuk satu periode pensaklaran sehingga arusnya pun menjadi turun, sesuai dengan persamaan (3.1) :

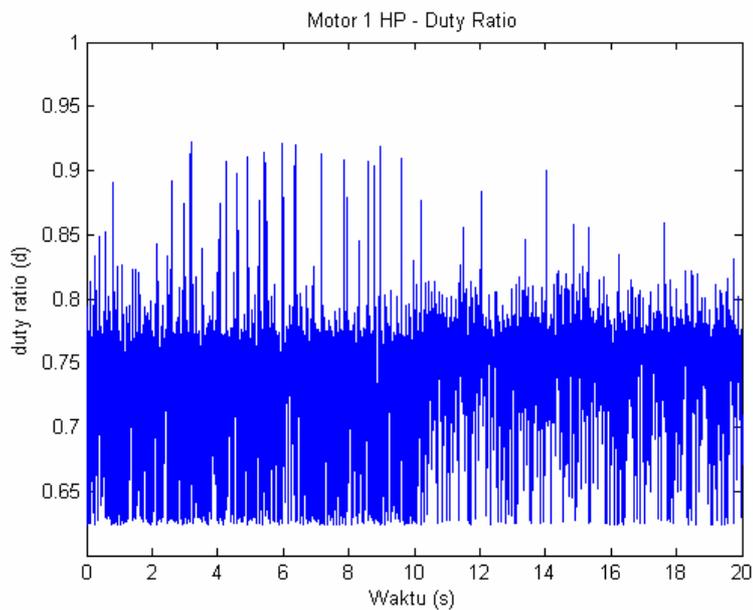
$$V_n = (S_n - S_n') \times V_{DC} / 2 \quad (n = a, b, c) \quad (4.2)$$

dimana nilai $V_{DC} = d * (220 \sqrt{2}) V_{dc}$



Gambar 4.3 Arus Fasa A motor 1 HP pada beban nol

D. Nilai *Duty Ratio*



Gambar 4.4 Nilai duty ratio motor 1 HP pada beban nol

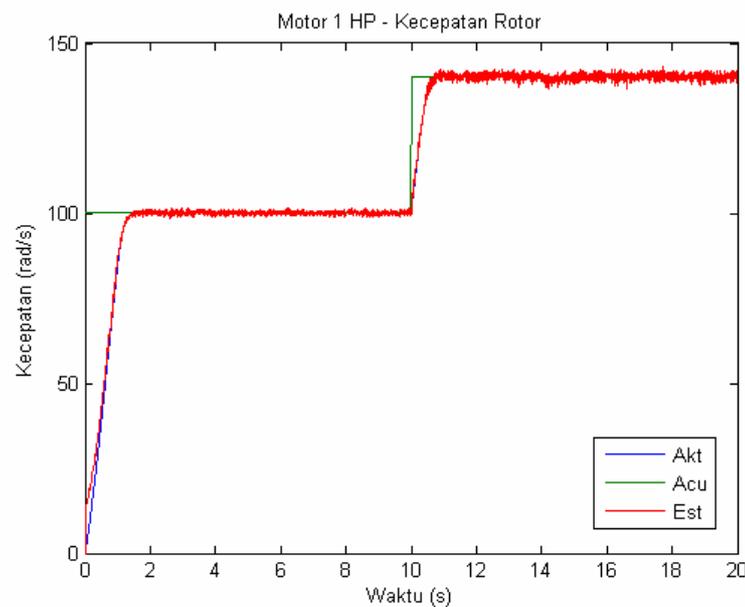
Pada Gambar 4.4 nilai *duty ratio* keluaran dari pengendali Logika Fuzzy memberikan nilai yang bervariasi diantara 0.55 dan 1 sesuai dengan fungsi keanggotaan keluaran pengendali fuzzy. Pada saat asutan motor terlihat *duty ratio* memberikan faktor diantara 0.65 - 0.8, bertujuan untuk menurunkan lonjakan torsi

pada saat asutan motor. Pada saat $t = 10$ detik terlihat bahwa nilai *duty ratio* memberikan faktor diantara nilai 0.75 karena pada saat itu motor membutuhkan tambahan arus. Pada rentang waktu yang lainnya nilai *duty ratio* bervariasi sesuai nilai kesalahan torsi, fluks dan posisi fluks stator.

4.2.2 Simulasi Perubahan Kecepatan dan Perubahan Beban

A. Status Perubahan Kecepatan

Pada simulasi dengan perubahan kecepatan dan perubahan beban, sistem masih dapat mengikuti nilai acuannya. Dan pada saat $t = 14$ detik terjadi penurunan kecepatan akibat proses pembebanan sebesar 1.2 Nm, terlihat pada Gambar 4.5.

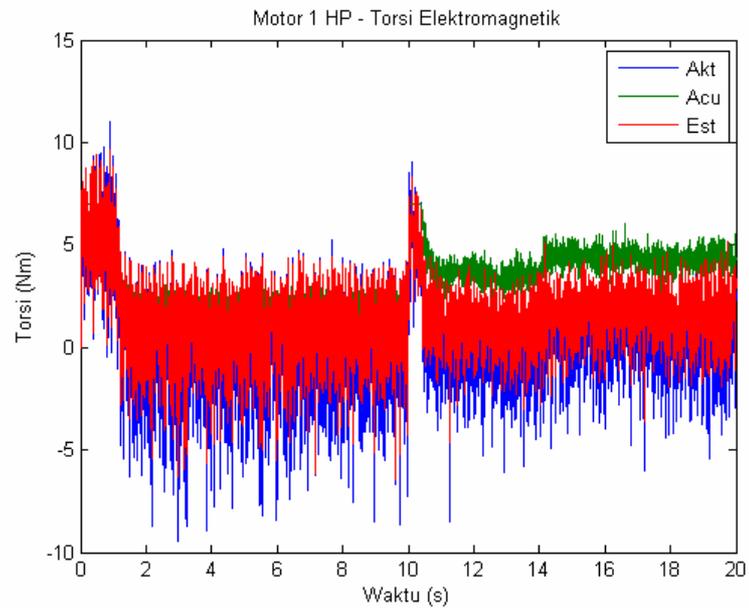


Gambar 4.5 Kecepatan motor 1 HP dengan perubahan beban

B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

Pada kondisi perubahan beban, Gambar 4.6 memberikan kesesuaian antara acuan dengan aktual torsi. Pada kondisi simulasi ini, metode KTL *duty ratio* tetap memberikan unjuk kerja yang baik. Hal ini dibuktikan dengan respon torsi aktual motor yang sangat cepat, sekitar 5 ms, yang merupakan ciri dari sistem kendali torsi langsung. Terjadi riak pada torsi acuan yang terjadi cukup besar pada saat $t > 10$ detik disebabkan oleh kesalahan estimasi kecepatan dari blok *observer*.

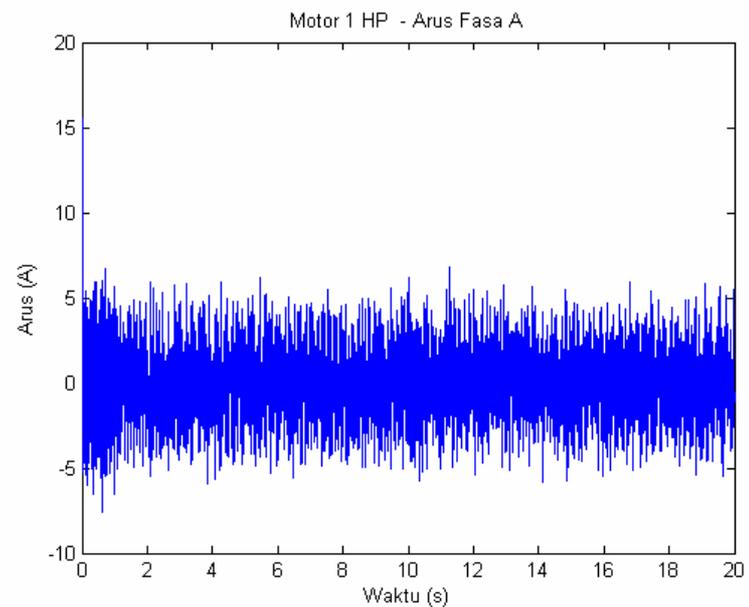
Namun perubahan torsi beban pada saat $t=14$ detik tetap diikuti dengan baik oleh torsi aktual motor, sesuai dengan torsi acuannya.



Gambar 4.6 Torsi Elektromagnetik motor 1 HP dengan perubahan beban

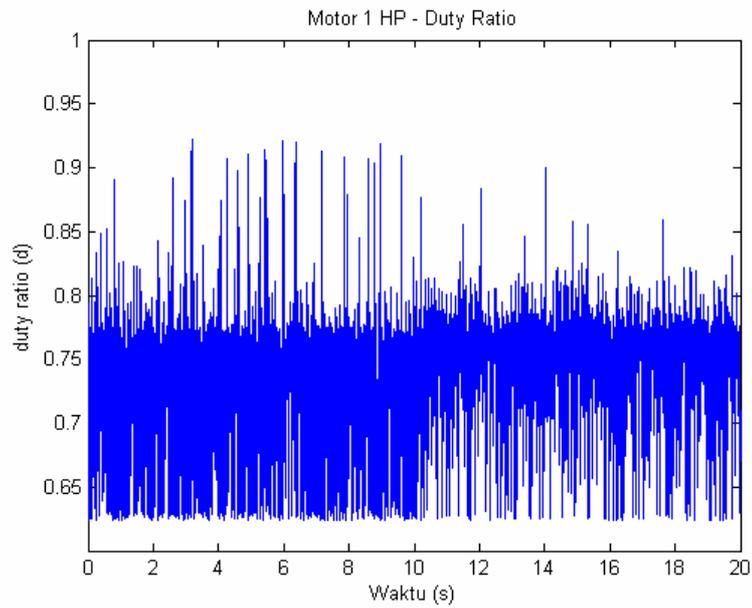
C. Nilai Arus Satu Fasa

Gambar 4.7 memperlihatkan nilai arus fasa a pada motor sebesar 3 Ampere sesuai dengan arus nominal motor.



Gambar 4.7 Arus Fasa A motor 1 HP dengan perubahan beban

D. Nilai *Duty Ratio*



Gambar 4.8 Nilai d motor 1 HP dengan perubahan beban

Gambar 4.8 memberikan informasi bahwa selama rentang waktu $t = 0$ sampai dengan $t=20$ detik terjadi variasi nilai tegangan VDC yang dicatu kepada inverter sumber tegangan, dan membuktikan sistem *duty ratio* telah bekerja dengan baik. Pada saat $t > 10$ detik motor membutuhkan lebih banyak arus karena terjadi perubahan kecepatan dan perubahan beban, sehingga nilai *duty ratio* berada di rentang 0.75.

4.3 Simulasi dengan Motor 10 HP

Berikut adalah nilai parameter motor 10 HP yang digunakan pada program simulasi:

Tabel 4.2 Parameter Motor 10 HP[14]

Daya	10 HP
Jumlah Pasang Kutub (N_p)	2
Resistansi Stator (R_s)	0.6 ohm
Resistansi Rotor (R_r)	0.4 ohm
Induktansi Stator (L_s)	0.123 H
Induktansi Rotor (L_r)	0.1274 H
Induktansi magnetik (L_m)	0.12 H
Momen Inersia (J)	0.05 kgm ²
Koeffisien Gesekan (f)	0.005 Nms

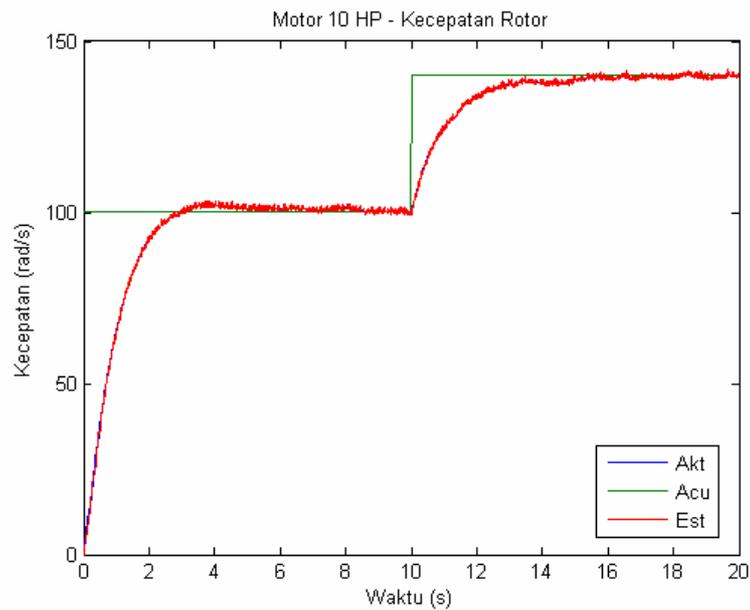
Untuk nilai koefisien gesekan tidak terdapat pada [14], sehingga digunakan nilai asumsi koefisien gesekan motor sebesar 0.005.

Selain parameter motor, beberapa konstanta harus inialisasikan terlebih dahulu, yaitu nilai K gain observer = 1.01, nilai Kp speed observer = 0.8, nilai Ki speed observer = 60. Nilai konstanta pengendali kecepatannya yaitu Kp = 0.1 dan Ki = 0.42. Untuk nilai histerisis torsinya adalah 0.1284 dan histerisis fluksnya adalah 0.0173. Pada simulasi motor 10 HP, nilai parameter masukan kesalahan torsi pada pengendali logika Fuzzy dibuat diantara 1 dan 10, untuk posisi fluks tetap pada nilai 0 dan 1.047, sedangkan parameter untuk keluarannya yaitu 0.7 dan 1.

4.3.1 Simulasi Perubahan Kecepatan dengan Beban Nol

A. Status Perubahan Kecepatan

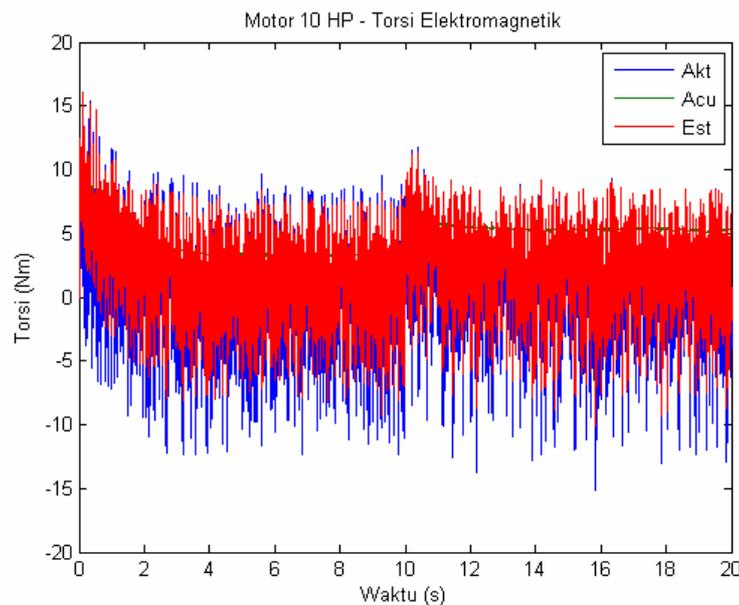
Pada Gambar 4.9 terlihat kecepatan rotor dapat mengikuti acuannya dengan baik, walaupun pada frekwensi rendah terlihat *observer* tidak memberikan estimasi kecepatan yang baik. Namun secara keseluruhan nilai estimasi kecepatan yang dilakukan oleh *observer* dapat berjalan dengan baik. Dengan parameter pengendali kecepatan yang tepat, sistem dapat memberikan respon tanpa terjadi *overshoot* yang terlalu tinggi.



Gambar 4.9 Kecepatan motor 10 HP pada beban nol

B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

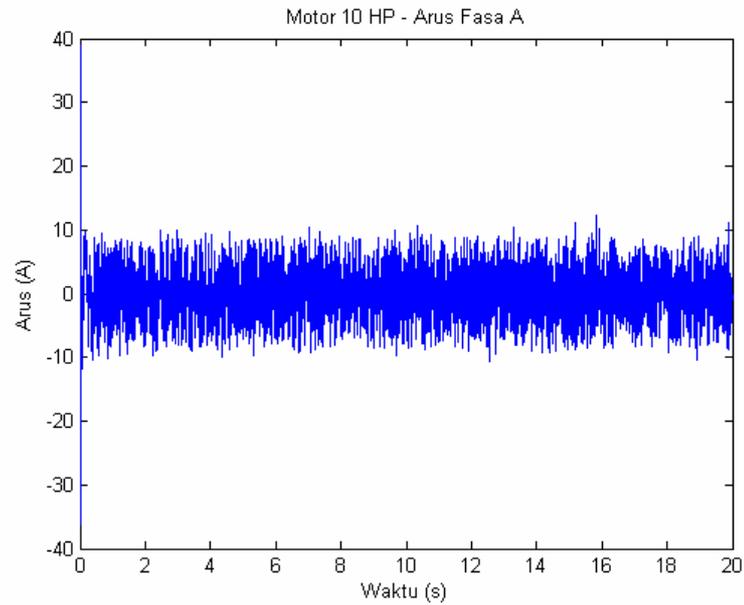
Pada saat proses asutan motor, torsi aktual motor mampu mengikuti torsi acuannya dengan cepat pada $t = 5$ ms seperti terlihat pada Gambar 4.10. Dan pada saat kecepatannya berubah di $t=10$ detik, pengendali kecepatan kembali memberikan torsi acuan yang maksimum untuk menaikkan kecepatan rotor dari 100 rad/s menuju 140 rad/s.



Gambar 4.10 Torsi Elektromagnetik motor 10 HP pada beban nol

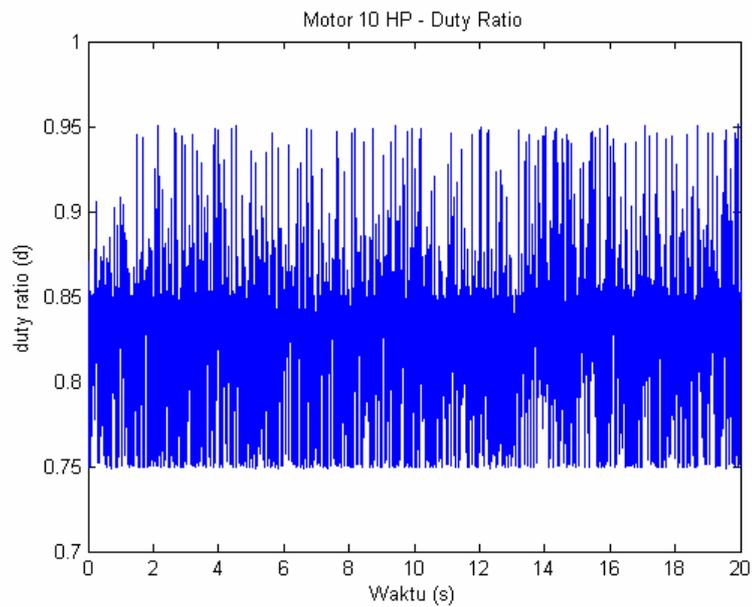
C. Nilai Arus Satu Fasa

Nilai arus pada fasa A terlihat pada Gambar 4.11 dimana pada saat asutan motor terjadi lonjakan arus sebesar 40 A.



Gambar 4.11 Arus Fasa A motor 10 HP pada beban nol

D. Nilai Duty Ratio



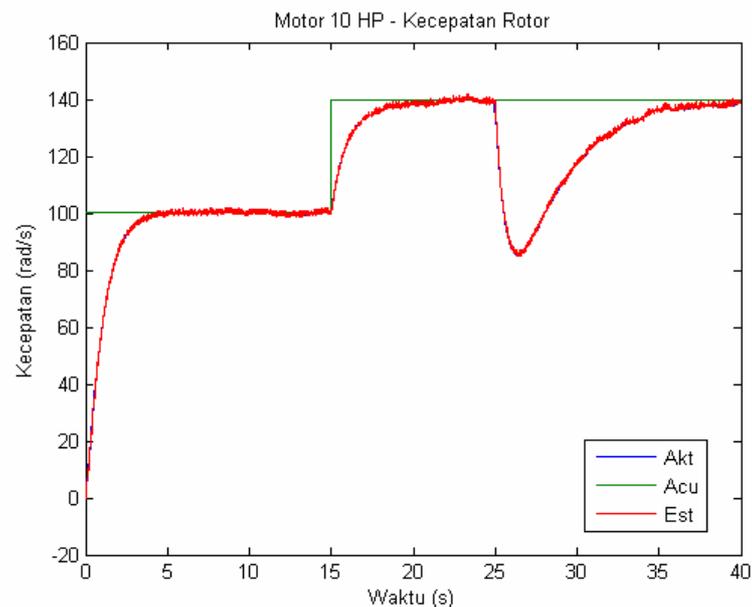
Gambar 4.12 Nilai d motor 10 HP pada beban nol

4.3.2 Simulasi Perubahan Kecepatan dan Perubahan Beban

Pada simulasi ini, motor diberi beban mula-mula sebesar 1 Nm, kemudian pada $t=25$ detik, beban bertambah menjadi 10 Nm. Pada simulasi ini digunakan waktu simulasi 40 detik untuk melihat respon sistem dalam kondisi perubahan kecepatan dan perubahan beban

A. Status Perubahan Kecepatan

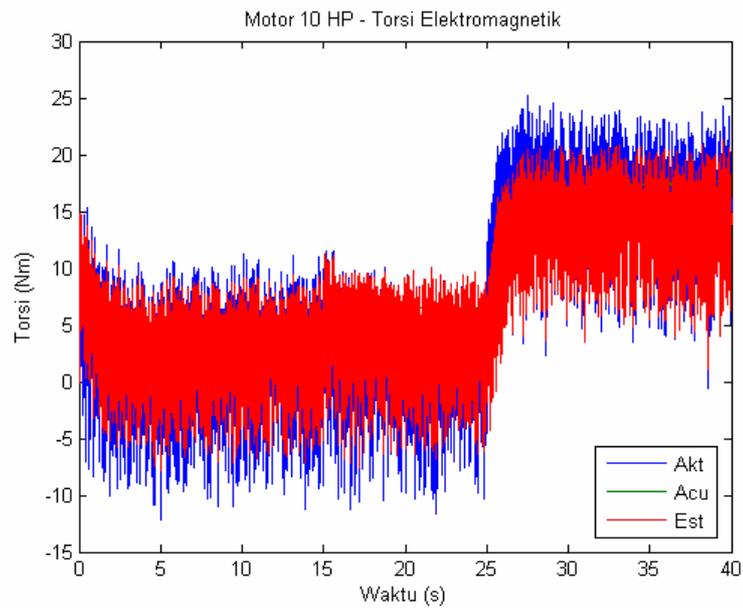
Pada Gambar 4.13 terlihat pada $t=15$ detik kecepatan motor dinaikkan menjadi 140 rad/s. Perubahan titik acuan dapat diikuti dengan baik oleh sistem. Kemudian pada saat $t=25$ detik diberikan torsi beban sebesar 10 Nm, sehingga kecepatannya menjadi 85 rad/s. Namun regulator kecepatan dapat kembali memberikan nilai torsi acuan baru sehingga kecepatan motor dapat kembali ke nilai acuannya, dan membutuhkan waktu sekitar 15 detik.



Gambar 4.13 Kecepatan motor 10 HP dengan perubahan beban

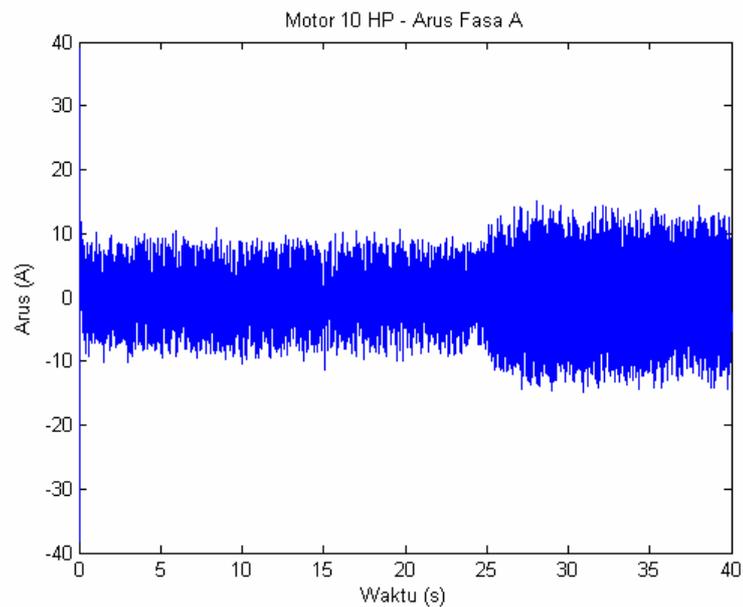
B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

Pada torsi elektromagnetiknya terjadi perubahan pada $t=25$ detik, ketika motor dibebani terlihat pada Gambar 4.14. Hal ini dikarenakan torsi acuan dari regulator kecepatan dapat segera membaca kesalahan kecepatan dan kembali memberikan nilai torsi acuan yang baru.



Gambar 4.14 Torsi Elektromagnetik motor 10 HP dengan perubahan beban

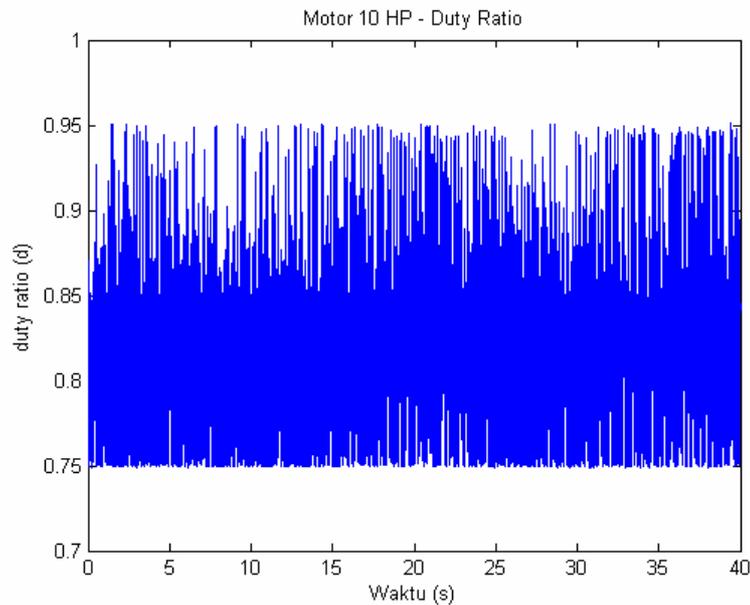
C. Nilai Arus Satu Fasa



Gambar 4.15 Arus Fasa A motor 10 HP dengan perubahan beban

Pada arus fasa a, dengan terjadinya perubahan torsi beban maka motor akan mengkonsumsi arus lebih banyak seperti terlihat jelas pada Gambar 4.15 dimana terjadi peningkatan nilai puncak ke puncak arusnya.

D. Nilai *Duty Ratio*



Gambar 4.16 Nilai *d* motor 10 HP dengan perubahan beban

4.4 Simulasi dengan Motor 50 HP

Berikut adalah nilai parameter motor 50 HP yang digunakan pada program simulasi:

Tabel 4.3 Parameter Motor 50 HP[15]

Daya	50 HP
Jumlah Pasang Kutub (N_p)	2
Resistansi Stator (R_s)	0.087ohm
Resistansi Rotor (R_r)	0.228ohm
Induktansi Stator (L_s)	0.0355H
Induktansi Rotor (L_r)	0.0355H
Induktansi magnetik (L_m)	0.0347H
Momen Inersia (J)	1.622 kgm ²
Koeffisien Gesekan (f)	0.1 Nms

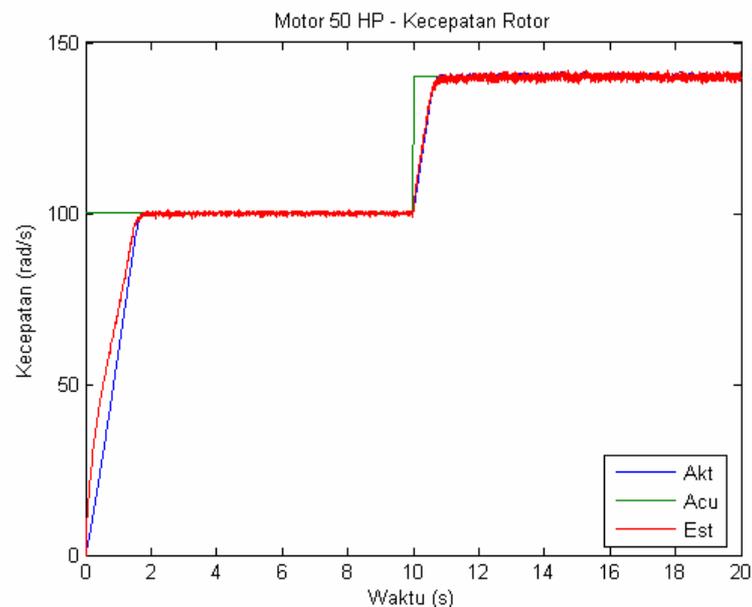
Konstanta yang harus inisialisasikan terlebih dahulu , yaitu nilai $K_{gain\ observer} = 1.3$, nilai $K_p\ speed\ observer = 0.15$, nilai $K_i\ speed\ observer = 5.0$. Nilai konstanta pengendali kecepatannya yaitu $K_p = 50.0$ dan $K_i = 50.0$ Untuk nilai

histerisis torsinya adalah 10 dan histerisis fluksnya adalah 0.0173. Pada motor 50 HP nilai parameter masukan kesalahan torsi untuk pengendali logika fuzzy adalah 10 dan 40 Nm. Sedangkan untuk posisi fluks adalah 0 dan 1.047 dan parameter keluarannya adalah 0.7 dan 1.

4.4.1 Simulasi Perubahan Kecepatan dengan Beban Nol

A. Status Perubahan Kecepatan

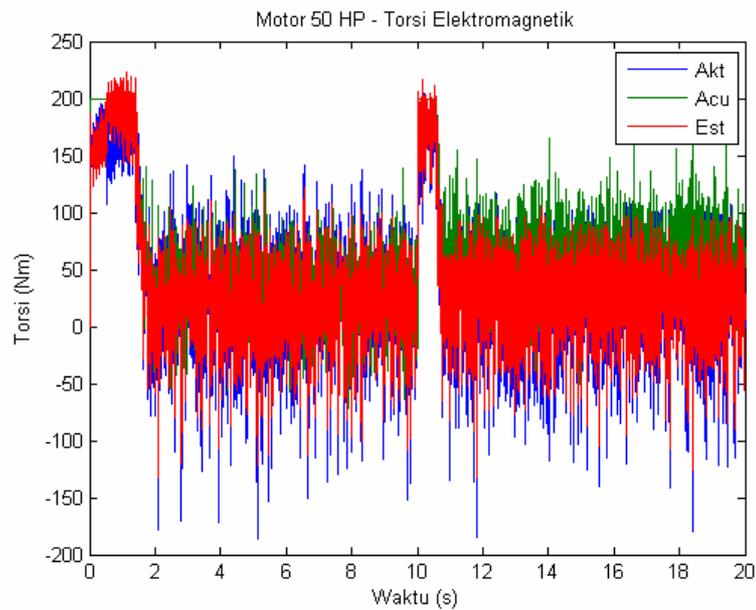
Pada metode ini terlihat kecepatan aktual motor dan kecepatan estimasi dapat mengikuti nilai acuannya. Terjadi riak yang dihasilkan oleh *observer* lebih besar pada kecepatan 140 rad/s.



Gambar 4.17 Kecepatan motor 50 HP pada beban nol

B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

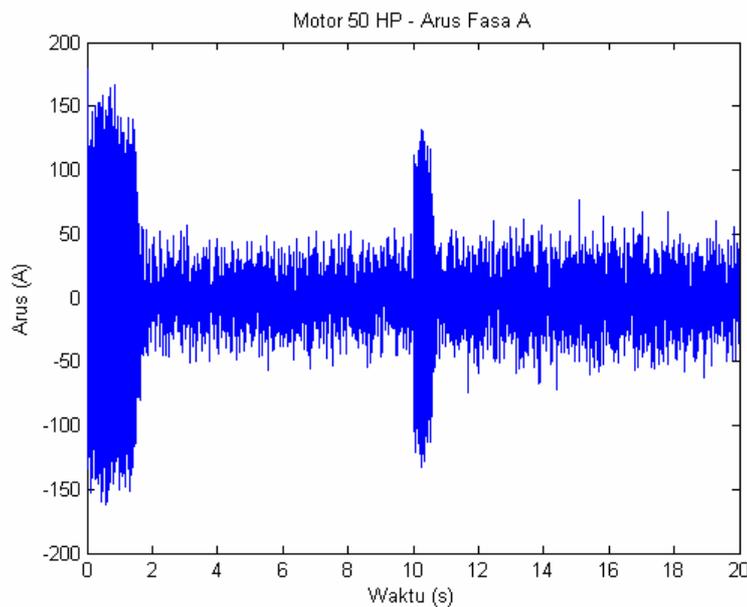
Pada Gambar 4.18 terlihat bahwa nilai torsi aktual dapat merespon nilai torsi acuan dengan sangat cepat. Nilai torsi acuan dibatasi dengan pembatas arus yaitu 200 Nm.



Gambar 4.18 Torsi Elektromagnetik motor 50 HP pada beban nol

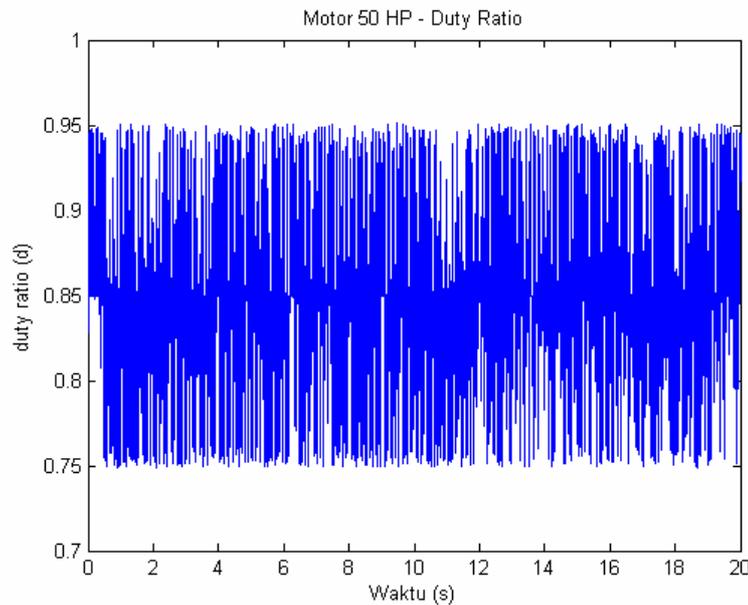
C. Nilai Arus Satu Fasa

Pada Gambar 4.19, arus yang dihasilkan pada saat asutan motor mencapai 150 A, namun nilai ini masih dalam batas operasional motor [15]. Pada saat terjadi perubahan kecepatan motor, maka terjadi lonjakan arus yang sangat tinggi, kemudian nilai arus akan kembali normal di sekitar 40 A.



Gambar 4.19 Arus Fasa A pada 50 HP pada beban nol

D. Nilai *Duty Ratio*



Gambar 4.20 Nilai *d* motor 50 HP pada beban nol

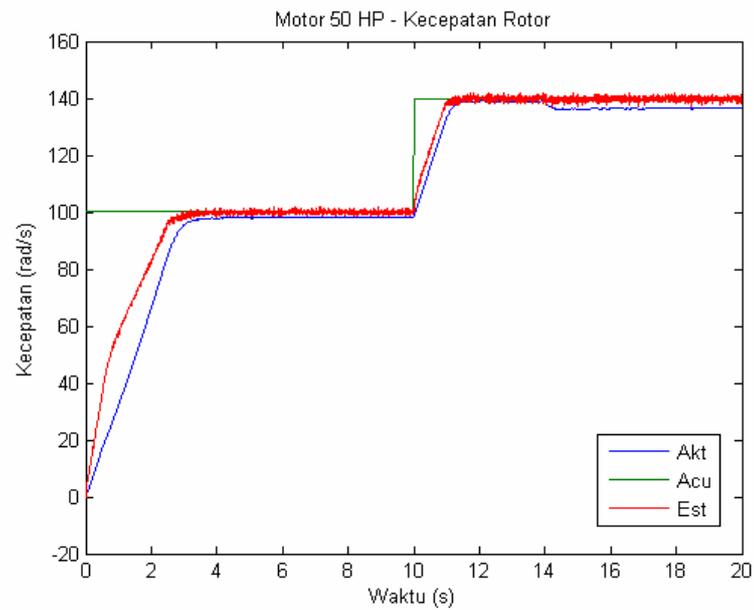
Pada Gambar 4.20 nilai *duty ratio* bervariasi diantara 0.75 dan 0.95, dalam fungsi keanggotaan variabel keluaran nilai tersebut berada pada fungsi keanggotaan “Large”.

4.4.2 Simulasi Perubahan Kecepatan dan Perubahan Beban

Untuk motor 50 HP, maka nilai torsi beban yang diberikan pada saat $t=0$ adalah 50 Nm, kemudian pada saat $t=14$ detik, torsi beban ditambah menjadi 75 Nm. Nilai ini merupakan nilai torsi beban yang seimbang agar motor dapat menaikkan kembali kecepatannya sehingga sesuai dengan nilai kecepatan acuan.

A. Status Perubahan Kecepatan

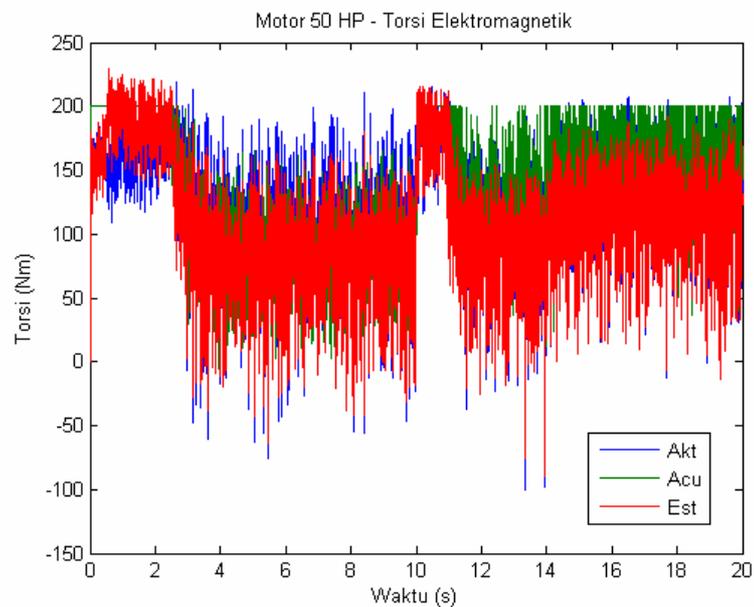
Pada proses simulasi perubahan kecepatan dan perubahan beban motor 50 HP ini dapat memberikan unjuk kerja perubahan kecepatan yang baik. Pada Gambar 4.21 terjadi kesalahan estimasi kecepatan pada saat asutan motor, hingga mencapai kondisi tunak, namun pada saat $t=14$ detik, ternyata kecepatan aktual motor tidak dapat mengikuti nilai acuan, hal ini disebabkan terjadi kesalahan estimasi pada *observer*. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja dari *observer* linier tidak baik dalam operasi kerja sistem yang berubah-ubah.



Gambar 4.21 Kecepatan motor 50 HP dengan perubahan beban

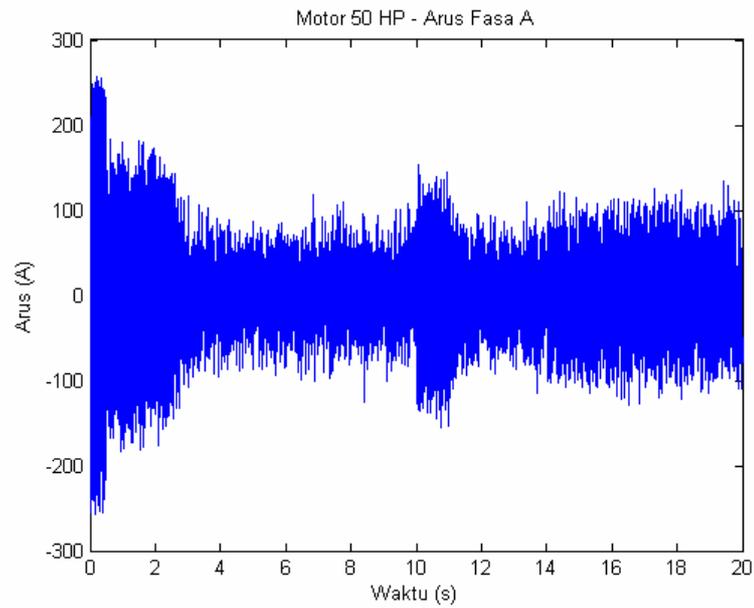
B. Kondisi Torsi Elektromagnetik

Untuk nilai torsi elektromagnetiknya terdapat kenaikan nilai torsi aktual motor akibat pemberian beban awal sebesar 50 Nm. Nilai torsi acuan motor dibatasi untuk tidak melebihi 200 Nm, seperti terlihat pada Gambar 4.22.



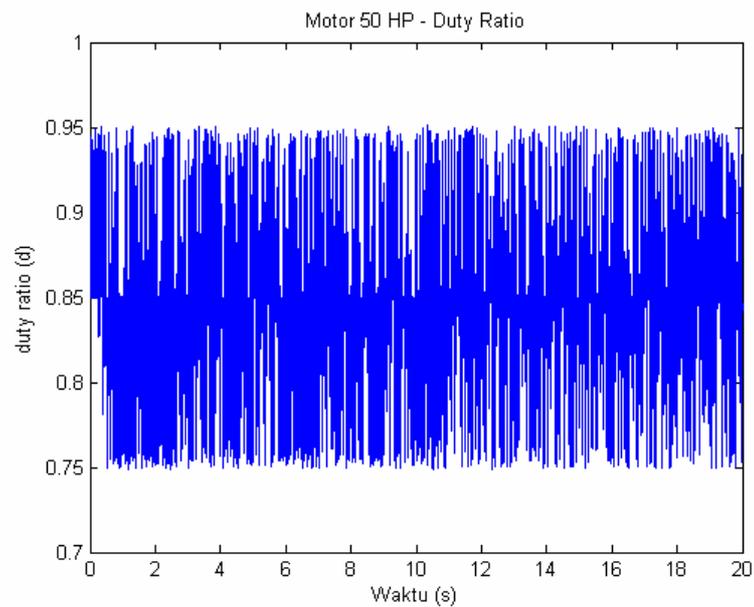
Gambar 4.22 Torsi Elektromagnetik motor 50 HP dengan perubahan beban

C. Nilai Arus Satu Fasa



Gambar 4.23 Arus Fasa A motor 50 HP dengan perubahan beban. Karakteristik nilai arus sebanding dengan nilai torsi aktual motor pada saat asutan, penambahan kecepatan pada $t=10$ detik, dan pada saat terjadi perubahan torsi beban pada $t=14$ detik.

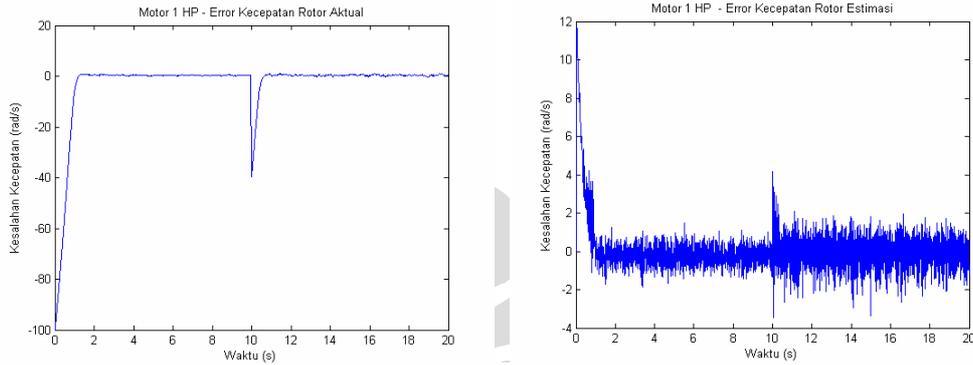
D. Nilai Duty Ratio



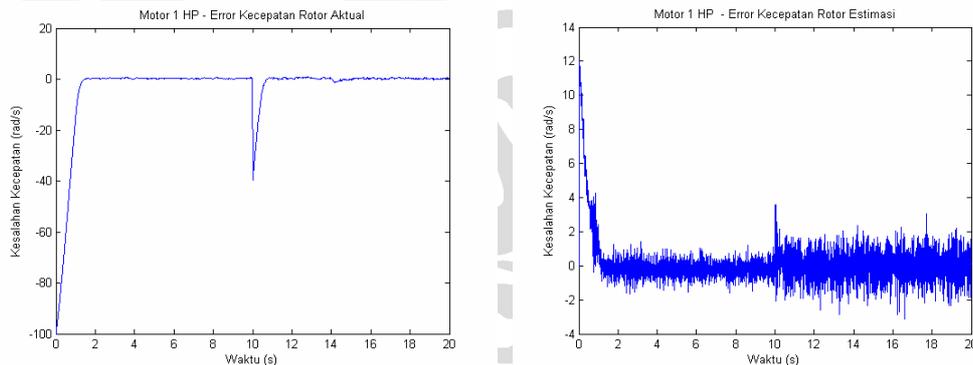
Gambar 4.24 Nilai d motor 50 HP dengan perubahan beban

4.5 Perbandingan Simulasi Kecepatan Motor 1 HP, 10 HP dan 50 HP.

Berikut ini akan diperlihatkan grafik kesalahan kecepatan aktual dan kecepatan estimasi pada motor 1 HP, 10 HP dan 50 HP. Pada Gambar 4.25-4.27 terlihat bahwa rata-rata kesalahan kecepatan aktual dan kecepatan estimasi dari ketiga motor dalam kondisi beban nol dan perubahan beban. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

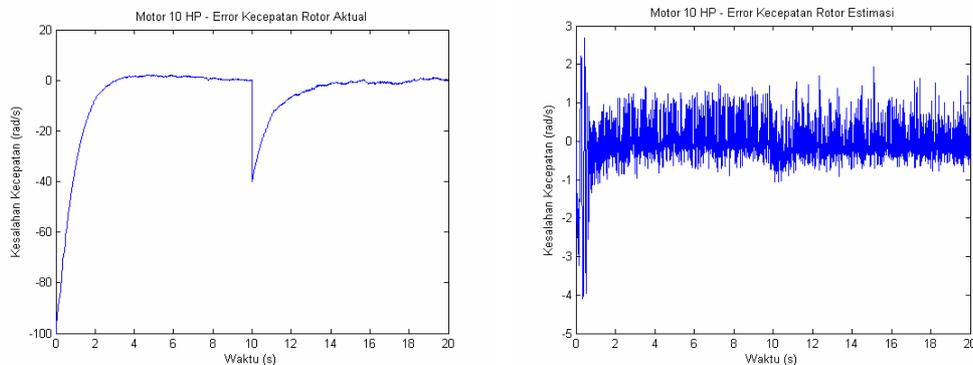


(a) Motor 1 HP dengan beban nol

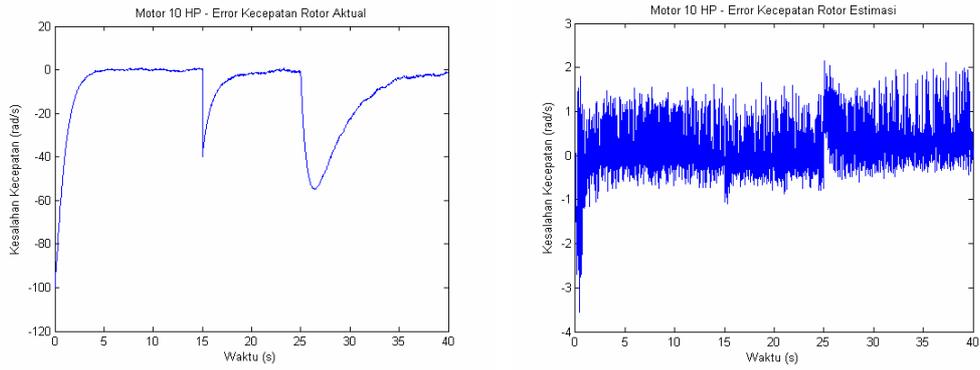


(b) Motor 1 HP dengan perubahan beban

Gambar 4.25 Kesalahan Kecepatan Aktual dan Kesalahan Kecepatan Estimasi pada motor 1 HP dengan beban nol dan dengan perubahan beban

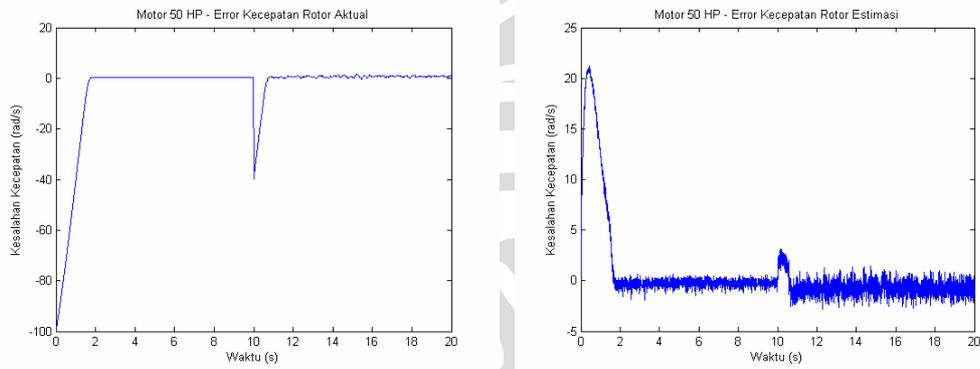


(a) Motor 10 HP dengan beban nol

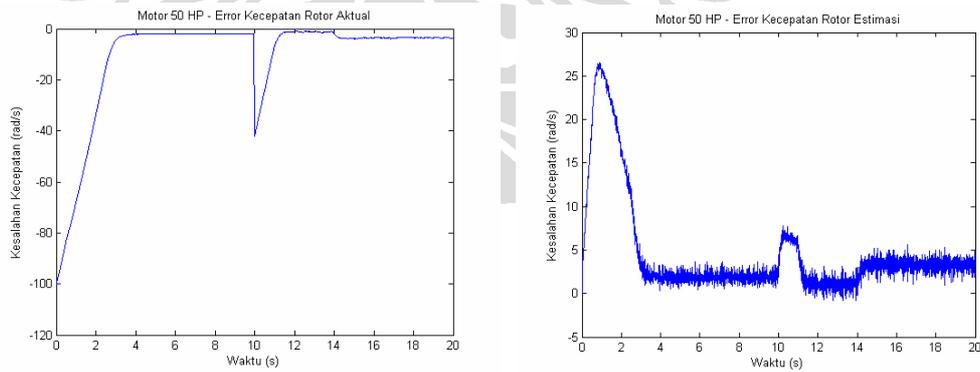


(b) Motor 10 HP dengan perubahan beban

Gambar 4.26 Kesalahan Kecepatan Aktual dan Kesalahan Kecepatan Estimasi pada motor 10 HP dengan beban nol dan dengan perubahan beban



(a) Motor 50 HP dengan beban nol



(b) Motor 50 HP dengan perubahan beban

Gambar 4.27 Kesalahan Kecepatan Aktual dan Kesalahan Kecepatan Estimasi pada motor 50 HP dengan beban nol dan dengan perubahan beban

Tabel 4.4 Kesalahan Rata-rata Kecepatan motor 1, 10 dan 50 HP (rad/s)

	1 HP		10 HP		50 HP	
	Aktual	Estimasi	Aktual	Estimasi	Aktual	Estimasi
Beban Nol	0.38	0.54	0.93	0.35	0.65	1.22
Perubahan Beban	0.317	0.56	1.01	0.33	2.52	2.3

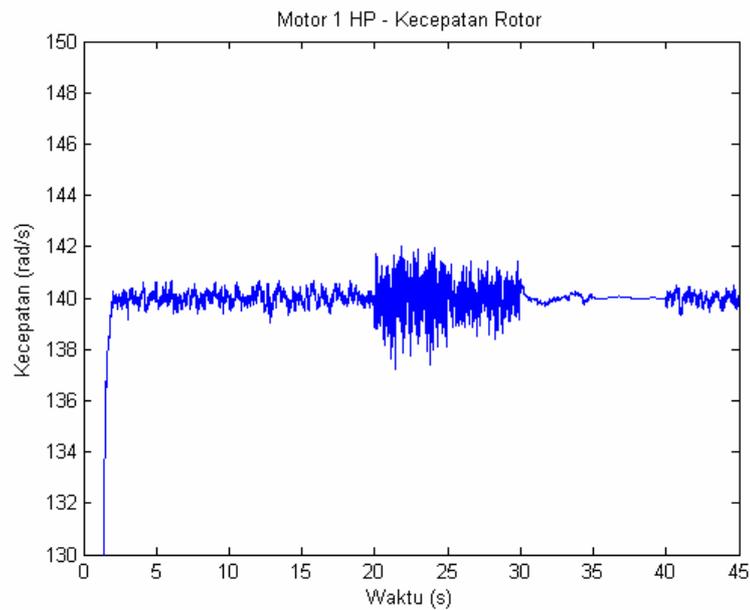
Dari hasil perhitungan tingkat kesalahan kecepatan motor baik pada kecepatan aktual dan kecepatan estimasi dengan motor 1 HP, 10 HP dan 50 HP, nilai kecepatan aktual motor yang paling baik ditunjukkan pada motor 1 HP. Namun hal ini tidak terlepas dari pengaruh *observer* yang dalam mengestimasi nilai torsi, fluks, posisi fluks dan kecepatan. Sehingga ketepatan dari hasil estimasi sangat diperlukan untuk memberikan unjuk kerja pengendalian motor yang paling baik. Mengingat sistem yang diimplementasi pada simulasi adalah sistem tanpa sensor kecepatan, sehingga nilai kesalahan aktual kecepatan motor akan dipengaruhi secara langsung dari ketepatan penentuan parameter *observer*.

Maka untuk memberikan informasi pengaruh dari momen inersia terhadap putaran motor, dilakukan simulasi dengan melakukan perubahan nilai parameter momen inersia motor dengan pengendali torsi langsung dan *duty ratio*, yaitu pada sub bab 4.6

4.6 Simulasi Perubahan Parameter Momen Inersia

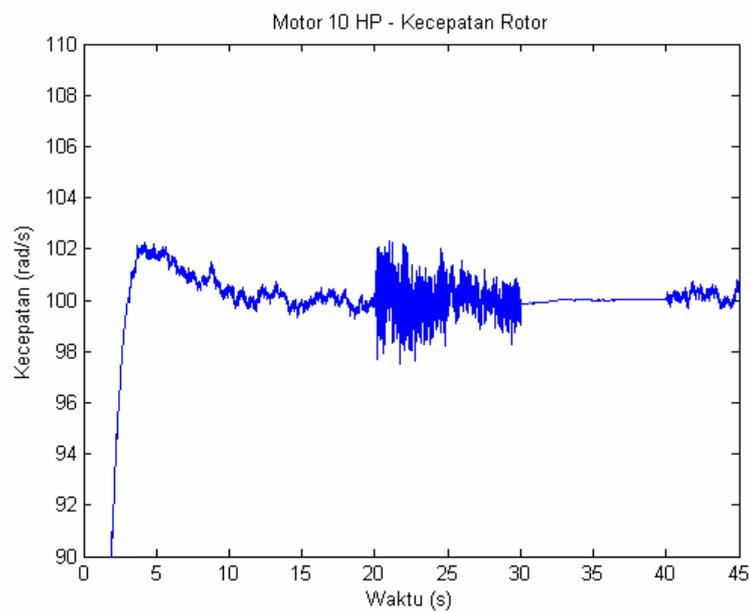
A. Motor 1 HP

Pada simulasi ini dilakukan perubahan parameter motor momen inersia pada motor 1 HP dalam periode waktu tertentu yaitu pada saat $t=20$ momen inersia dibuat 0.005 kgm^2 , pada saat $t=25$ detik nilai momen inersia dibuat menjadi 0.01 kgm^2 , kemudian pada saat $t=30$ detik, momen inersianya dibuat menjadi 0.2 kgm^2 , dan pada saat $t=35$ detik diubah menjadi 1 kgm^2 , kemudian untuk $t=40$ detik momen inersianya disesuaikan dengan parameter motor induksi yaitu 0.0436 kgm^2 .



Gambar 4.28 Kecepatan motor 1 HP dengan perubahan momen inersia

B. Motor 10 HP



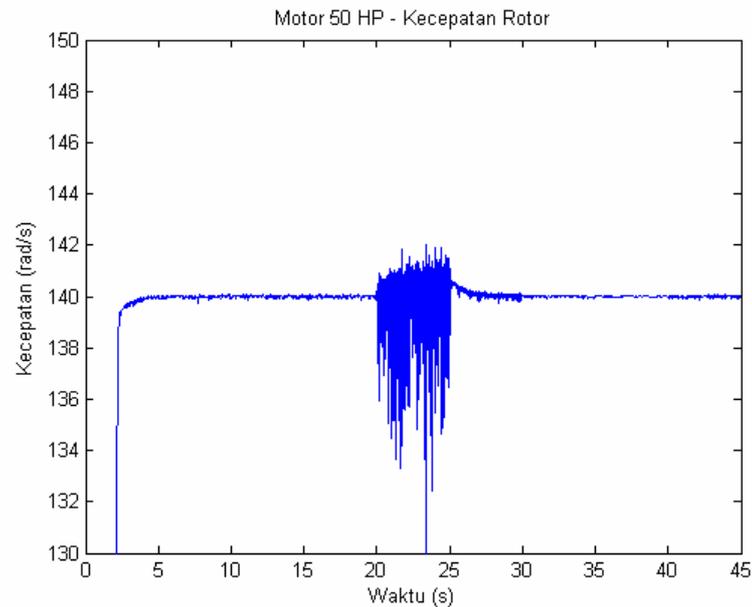
Gambar 4.29 Kecepatan motor 10 HP dengan perubahan momen inersia

Pada simulasi ini dilakukan perubahan parameter motor momen inersia pada motor 10, yaitu pada saat $t=20$ momen inersia dibuat 0.005 kgm^2 , pada saat $t=25$ detik nilai momen inersia dibuat menjadi 0.01 kgm^2 , kemudian pada saat

t=30 detik, momen inersianya dibuat menjadi 1 kgm², dan pada saat t=35 detik diubah menjadi 2 kgm², kemudian untuk t=40 detik momen inersianya disesuaikan dengan parameter motor induksi yaitu 0.05 kgm².

C. Motor 50 HP

Pada simulasi ini dilakukan perubahan parameter motor momen inersia, yaitu pada saat t=20 adalah 0.05 kgm², pada saat t=25 detik momen inersia dibuat menjadi 0.5 kgm², pada saat t=30 detik, momen inersianya dibuat menjadi 2.5 kgm². Untuk t=35 detik, momen inersianya menjadi 5 kgm², dan pada saat t=40 detik momen inersianya bernilai 1.622 kgm² sesuai parameter motor.



Gambar 4.30 Kecepatan Motor 50 HP dengan perubahan momen inersia

Dari Gambar 4.28, 4.29 dan 4.30 terlihat bahwa ketika momen inersia motor dibuat lebih kecil dari nilai parameter aslinya, maka putaran motor menjadi tidak baik. Hal ini sesuai dengan Persamaan (4.4)

$$\frac{d}{dt} \omega_r = \frac{N_p L_m}{J} \left(\frac{\psi_{r\alpha} i_{s\beta}}{L_r} - \frac{\psi_{r\beta} i_{s\alpha}}{L_r} \right) - \frac{T_l}{J} \quad (4.4)$$

dimana nilai kecepatan motor sangat dipengaruhi oleh nilai konstanta momen inersia motor (J).