

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi.....	II-3
Gambar 2.2 Motor induksi	II-4
Gambar 2.3 Bagian-bagian stator.....	II-5
Gambar 2.4 Rotor sangkar	II-5
Gambar 2.5 Rotor belitan.....	II-6
Gambar 2.6 Aliran motor induksi	II-6
Gambar 2.7 Karakteristik motor induksi (a) Karakteristik kecepatan, torsi, dan slip; (b) Wilayah operasi berdasarkan slip	II-11
Gambar 2.8 Sumbu pada <i>stationary reference frame</i> dan <i>synchronously rotating reference frame</i>	II-12
Gambar 2.9 Konstruksi motor DC eksitasi terpisah.....	II-17
Gambar 2.10 Motor DC eksitasi terpisah (a) Kendali torsi pada Motor DC eksitasi terpisah, (b) Karakteristik torsi dan kecepatan.....	II-18
Gambar 2.11 Blok diagram <i>Indirect Field Oriented Control</i> (IFOC)	II-21
Gambar 2.12 Rangkaian dasar inverter.....	II-25
Gambar 2.13 Rangkaian inverter tiga fasa.....	II-25
Gambar 2.14 Prinsip kerja SPWM.....	II-26
Gambar 2.15 Representasi vektor tegangan keluaran	II-28
Gambar 2.16 Transformasi kerangka acuan stasioner	II-28
Gambar 2.17 Pembentukan V_{ref} pada sektor 1	II-30
Gambar 2.18 Pola <i>switching</i> semua sektor	II-31
Gambar 2.19 Perbandingan perputaran vektor tegangan keluaran (V_{ref}) dengan keluaran tegangan tiga fasa	II-32
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	III-1
Gambar 3.2 Diagram alir perancangan pemodelan sistem.....	III-6
Gambar 3.3 Parameter model motor induksi	III-9
Gambar 3.4 Parameter model SVPWM	III-9
Gambar 3.5 Blok diagram pemodelan motor induksi	III-12
Gambar 3.6 Blok diagram pemodelan SVPWM.....	III-14
Gambar 3.7 blok diagram pemodelan sistem IFOC.....	III-20
Gambar 3.8 Model unit motor induksi.....	III-26
Gambar 3.9 Sub-sistem "Sumber tegangan tiga fasa"	III-27
Gambar 3.10 Sub-sistem "Transformasi Clarke"	III-27
Gambar 3.11 (a) Sub-sistem "Arus stator" (b) Sub-sistem perhitungan arus stator sumbu alfa ($is\alpha$). (b) Sub-sistem perhitungan arus stator sumbu beta ($is\beta$)... ..	III-28
Gambar 3.12 (a) Sub-sistem "Fluks rotor" (b) Sub-sistem perhitungan fluks rotor sumbu alfa ($\lambda r\alpha$). (c) Sub-sistem perhitungan fluks rotor sumbu beta ($\lambda r\beta$) .	III-29
Gambar 3.13 (a) Sub-sistem "Model mekanis" (b) Sub-sistem perhitungan torsi (Te). (c) Sub-sistem perhitungan kecepatan putaran rotor permenit (nr) dan kecepatan sudut rotor (ωr).....	III-30
Gambar 3.14 Sub-sistem "Inverse Transformasi Clarke"	III-30
Gambar 3.15 Model unit SVPWM	III-30
Gambar 3.16 Sub-sistem "Sumber tegangan tiga fasa"	III-31
Gambar 3.17 Sub-sistem "Transformasi Clarke"	III-31

Gambar 3.18 Sub-sistem “ V_{ref} dan sudut (θ)”	III-31
Gambar 3.19 Sub-sistem “Penentuan sektor”	III-32
Gambar 3.20 Sub-sistem “Indeks modulasi”	III-32
Gambar 3.21 Sub-sistem “Perhitungan T_1, T_2 , dan T_0 ”	III-32
Gambar 3.22 Sub-sistem “ <i>Duty cycle</i> dan pulsa”	III-33
Gambar 3.23 Model inverter dan filter LC	III-33
Gambar 3.24 Diagram alir pengujian model motor induksi	III-34
Gambar 3.25 Diagram alir pengujian model SVPWM (a) pengujian statis, (b) pengujian dinamis	III-37
Gambar 3.26 <i>Indirect Field Oriented Control</i> (IFOC)	III-38
Gambar 3.27 Blok “Referensi Kecepatan dan blok “Kontrol Kecepatan (PI)”	III-39
Gambar 3.28 Blok “Kontrol Arus beban i_{qs} (PI)”	III-39
Gambar 3.29 Blok “Referensi Arus Medan” dan blok “Kontrol Arus d (PI)”	III-39
Gambar 3.30 Sub-Sistem “Transformasi Clarke”	III-39
Gambar 3.31 Sub-Sistem “Transformasi Park”	III-40
Gambar 3.32 Sub-Sistem “Estimator Fluks Rotor”	III-40
Gambar 3.33 (a) Sub-Sistem “Estimator Sudut Fluks Rotor” (b) Sub-Sistem “Estimator kecepatan sinkron (ω_e)” (c) Sub-Sistem “Estimator theta (θ_e)” ..	III-41
Gambar 3.34 (a) Sub-Sistem “Decoupling” (b) Sub-Sistem “Decoupling V_d ” (c) Sub-Sistem “Decoupling V_q ”	III-41
Gambar 3.35 Sub-Sistem “Inverse Transformasi Park”	III-42
Gambar 3.36 Blok “Model SVPWM”	III-42
Gambar 3.37 Blok “Model Motor Induksi”	III-42
Gambar 3.38 Diagram alir pengujian model sistem IFOC (simulasi)	III-44
Gambar 3.39 Model IFOC setelah penyesuaian untuk implementasi ke perangkat keras	III-47
Gambar 3.40 Antarmuka GUI Lucas-Nuelle untuk Monitoring Real-Time....	III-50
Gambar 3.41 Implementasi Logika Proteksi pada Model.....	III-50
Gambar 3.42 Modul kontroler dan inverter	III-52
Gambar 3.43 Motor induksi tiga fasa.....	III-53
Gambar 3.44 Sensor kecepatan	III-54
Gambar 3.45 Modul beban mekanis terkendali	III-55
Gambar 3.46 Catu daya tiga fasa	III-55
Gambar 3.47 Modul multimeter.....	III-56
Gambar 3.48 Diagram alir pengujian model sistem IFOC (perangkat keras)..	III-58
Gambar 3.49 Diagram pengkabelan untuk pengujian FOC	III-59
Gambar 3.50 Diagram pengkabelan untuk pengujian DOL.....	III-60
Gambar 4.1 Perbandingan respons arus stator fasa a pada kondisi tanpa beban dan berbeban	IV-2
Gambar 4.2 Perbandingan respons kecepatan rotor pada kondisi tanpa beban dan berbeban	IV-2
Gambar 4.3 Perbandingan respons torsi pada kondisi tanpa beban dan berbeban	IV-3
Gambar 4.4 (a) Sinyal tegangan referensi 3-fasa ($V_{abc\,ref}$), (b) Tegangan referensi ($V_{a\,ref}$ dan $V_{\beta\,ref}$)	IV-6
Gambar 4.5 (a) sudut (θ), (b) sektor (n).....	IV-8
Gambar 4.6 Sinyal T_1, T_2, T_0	IV-9

Gambar 4.7 (a) Sinyal modulasi (sinyal referensi <i>duty cycle</i>), (b) pulsa (<i>gating</i>)	IV-10
Gambar 4.8 Tegangan keluaran inverter.....	IV-11
Gambar 4.9 Perbandingan tegangan keluaran fasa-ke-netral SVPWM dan SPWM	IV-12
Gambar 4.10 Perbandingan spektrum tegangan fasa ke netral (V_{an}) SPWM dan SVPWM.....	IV-13
Gambar 4.11 Respons kecepatan aktual (n_{ract}) terhadap kecepatan referensi (n_{rref}).....	IV-15
Gambar 4.12 (a) Sinyal referensi arus beban (i_{qsref}) dari kontrol kecepatan (PI), (b) Torsi yang di produksi.....	IV-17
Gambar 4.13 Arus tiga fasa aktual (i_a, i_b, i_c) motor induksi.....	IV-18
Gambar 4.14 Arus stasioner ($i_{\alpha s}$ dan $i_{\beta s}$) motor induksi.....	IV-18
Gambar 4.15 (a) Arus medan aktual (i_{dsact}), (b) arus beban aktual (i_{qsact}).....	IV-19
Gambar 4.16 Perintah tegangan final FOC, (a) V_{dref}^* , (b) V_{qref}^*	IV-21
Gambar 4.17 $V_{\alpha ref}$ dan $V_{\beta ref}$	IV-22
Gambar 4.18 Tegangan <i>output</i> inverter pada sistem FOC	IV-23
Gambar 4.19 Estimasi fluks (λ_{dr})	IV-24
Gambar 4.20 Sinyal estimasi sudut fluks rotor (θ_e)	IV-25
Gambar 4.21 Grafik respons motor terhadap perubahan kecepatan referensi (n_{rref}) pada kondisi tanpa beban dan dengan beban-Skenario A (simulasi): (a) Kecepatan aktual (n_{ract}), (b) Torsi (T_e), (c) Arus beban aktual (i_{qsact}), (d) Arus medan aktual (i_{dsact})	IV-28
Gambar 4.22 Grafik selisih kecepatan aktual terhadap kecepatan referensi (simulasi).....	IV-29
Gambar 4.23 Grafik respons motor terhadap perubahan arus medan referensi (i_{dsref}) pada kondisi tanpa beban dan dengan beban-Skenario B (simulasi): (a) Kecepatan aktual (n_{ract}), (b) Torsi (T_e), (c) Arus beban aktual (i_{qsact}), (d) Arus medan aktual (i_{dsact})	IV-34
Gambar 4.24 Konfigurasi perangkat keras Lucas-Nuelle untuk pengujian FOC	IV-37
Gambar 4.25 Grafik respons motor terhadap perubahan kecepatan referensi (n_{rref}) pada kondisi tanpa beban dan dengan beban-Skenario A (perangkat keras): (a) Kecepatan aktual (n_{ract}), (b) Torsi (T_e), (c) Arus beban aktual (i_{qsact}), (d) Arus medan aktual (i_{dsact}).....	IV-41
Gambar 4.26 Grafik selisih kecepatan aktual terhadap kecepatan referensi (perangkat keras).....	IV-42
Gambar 4.27 Grafik respons motor terhadap perubahan arus medan referensi (i_{dsref}) pada kondisi tanpa beban dan dengan beban-Skenario B (perangkat keras): (a) Kecepatan aktual (n_{ract}), (b) Torsi (T_e), (c) Arus beban aktual (i_{qsact}), (d) Arus medan aktual (i_{dsact})	IV-47
Gambar 4.28 Konfigurasi perangkat keras Lucas-Nuelle untuk pengujian DOL	IV-51

Gambar 4.29 Perbandingan kurva karakteristik torsi terhadap kecepatan dengan metode DOL dan FOC	IV-54
Gambar 4.30 Perbandingan kurva karakteristik slip terhadap kecepatan dengan metode DOL dan FOC	IV-57
Gambar 4.31 Perbandingan kurva karakteristik arus terhadap kecepatan dengan metode DOL dan FOC	IV-59
Gambar 4.32 Perbandingan kurva karakteristik tegangan terhadap kecepatan dengan metode DOL dan FOC.....	IV-62