

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
INTISARI.....	xix
ABSTRACT	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.2.1. Batasan Masalah	3
I.3. Tujuan Penelitian	3
I.4. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
BAB III DASAR TEORI	7
III.1. Strategi <i>Model Predictive Control</i>	7
III.2. Algoritma <i>Dynamic Matrix Control, Monovariable, Unconstrained</i>	8
III.3. Regresi Kurva Respon Proses Menggunakan Model FOPTD	11
III.4. Representasi Matriks	12
III.5. Operasi Matriks	13
III.5.1. Transpose	13
III.5.2. Perkalian Matriks	13
III.5.3. Penjumlahan dan Pengurangan	14
III.5.4. Invers.....	14
III.6. Strategi Penyetelan Pengendali DMC <i>Monovariable Unconstrained</i>	15
III.7. Proses <i>Fluid Catalytic Cracking</i>	17
III.8. Standar IEC 61499	20
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN	22



IV.1.	Alat dan Bahan Penelitian.....	22
IV.1.1.	Alat	22
IV.1.2.	Bahan.....	24
IV.2.	Tata Laksana Penelitian.....	29
IV.2.1.	Perancangan Blok Fungsi Pengendali pada Standar IEC 61499	30
IV.2.2.	Evaluasi Blok Fungsi Pengendali	30
IV.2.3.	Implementasi Struktur Kendali pada Proses FCC	31
IV.3.	Analisis Hasil.....	32
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
V.1.	Perancangan Blok Fungsi Pengendali pada Standar IEC 61499.....	34
V.1.1.	<i>Dynamic Matrix</i>	35
V.1.2.	Transpose matriks	39
V.1.3.	Perkalian Matriks	42
V.1.4.	Penjumlahan dan Pengurangan Matriks.....	46
V.1.5.	<i>Move Surpression Factor</i>	49
V.1.6.	Invers Matriks	51
V.1.7.	<i>Reference Trajectory</i>	59
V.1.8.	<i>Free Response</i>	61
V.1.9.	Blok Fungsi Tambahan : <i>Get_U</i>	65
V.1.10.	Pengintegrasian Blok Fungsi.....	67
V.1.11.	Blok Fungsi Pengendali DMC	71
V.2.	Evaluasi Blok Fungsi Pengendali DMC	72
V.2.1.	Pengujian Blok Fungsi Pengendali DMC pada Kapasitas Maksimal	76
V.2.2.	Pengujian dengan Variasi Nilai Parameter α	77
V.2.3.	Pengujian dengan Variasi Nilai Parameter λ	79
V.3.	Implementasi Struktur Kendali pada Unit FCC Model IV	82
V.3.1.	Evaluasi Kinerja Struktur Kendali pada Kondisi Operasi Normal	87
V.3.2.	Evaluasi Kinerja Struktur Kendali pada Kondisi Operasi Perubahan <i>Coking Factor</i> (Ψf)	91
V.3.3.	Evaluasi Kinerja Struktur Kendali pada Kondisi Operasi Perubahan Temperatur atmosfer (T_{atm}).....	96
V.3.4.	Evaluasi Kinerja Struktur Kendali pada Kondisi Operasi Perubahan Temperatur Umpan (T_1).....	101
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	105
VI.1.	Kesimpulan	106



VI.2. Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	109
LAMPIRAN A PERSAMAAN MODEL SIMULATOR FCC MODEL IV.....	111
A.1. Model Sistem <i>Preheater</i>	111
A.2. Model Reaktor.....	111
A.2.1. Penghasilan <i>Coke</i> dan <i>Wet Gas</i>	111
A.2.2. Neraca Massa	112
A.2.3. Neraca Energi.....	112
A.2.3. Neraca Tekanan.....	113
A.3. Model Wet Gas Compressor	113
A.4. Model Regenerator.....	113
A.4.1. Neraca Energi.....	113
A.4.2. Neraca Karbon.....	115
A.4.3. Neraca Katalis pada <i>Standpipe</i>	116
A.4.4. Neraca Massa Oksigen, Karbon Monoksida, Karbon Dioksida.....	117
A.4.4. Neraca Tekanan.....	118
A.5. Model <i>Lift Air Blower</i> dan <i>Combustion Air Blower</i>	119



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perangkat lunak untuk penelitian.	22
Tabel 4.2. Perangkat keras untuk penelitian.....	23
Tabel 4.3. Batasan peralatan keras.	26
Tabel 4.4. Batasan operasional pembakaran sempurna.....	26
Tabel 4.5. Batasan operasional.....	27
Tabel 4.6. Nilai awal variabel masukan simulator FCC.....	27
Tabel 4.7. Komponen utama pada Persamaan (3.15).....	28
Tabel 4.8. Operator pada Persamaan (3.15).	28
Tabel 4.9. Set pengujian blok fungsi pengendali.	31
Tabel 4.10. Kriteria validitas berdasarkan set pengujian.	31
Tabel 4.11. Kondisi operasi simulasi proses FCC terkendali.....	32
Tabel 5.1. Hasil perancangan berupa BFB.....	67
Tabel 5.2. Spesifikasi ideal blok fungsi.....	68
Tabel 5.3. Spesifikasi final blok fungsi.....	69
Tabel 5.4. Kinerja blok fungsi pengendali DMC pada pengujian set 1.	78
Tabel 5.5. Kinerja blok fungsi pengendali DMC pada pengujian set 2.	80
Tabel 5.6. Nilai keadaan tunak CO_2, sg dan CCO, sg pada kondisi operasi yang berbeda tanpa struktur kendali	82
Tabel 5.7. Kalang kendali regulasi dan pasangan CV-MV.....	83
Tabel 5.8. Hasil penyetelan nilai parameter pengendali regulasi.....	87
Tabel 5.9. Indeks kinerja kalang kendali pada kondisi operasi normal.	89
Tabel 5.10. Pemenuhan batasan operasional pada kondisi operasi normal.....	89
Tabel 5.11. Indeks kinerja kalang kendali pada kondisi operasi perubahan Ψf ..	91
Tabel 5.12. Pemenuhan batasan operasional pada kondisi operasi perubahan Ψf	91
Tabel 5.13. Indeks kinerja kalang kendali pada kondisi operasi perubahan T_{atm}	96
Tabel 5.14. Pemenuhan batasan operasional pada kondisi operasi perubahan T_{atm}	96
Tabel 5.15. Indeks kinerja kalang kendali pada kondisi operasi perubahan T_1	101
Tabel 5.16. Pemenuhan batasan operasional pada kondisi operasi perubahan T_{atm}	101



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perkembangan teknologi kendali industri	2
Gambar 3.1. Representasi strategi MPC	7
Gambar 3.2. Struktur dasar MPC.	8
Gambar 3.3. Reference Trajectory.	10
Gambar 3.4. Diagram proses unit FCC Model IV.....	18
Gambar 3.5. Urutan kerja blok fungsi IEC 61499.....	20
Gambar 3.6. Distribusi aplikasi dan blok fungsi IEC 61499.....	21
Gambar 4.1. Jaringan blok fungsi di dalam CFB FCC_Model.	24
Gambar 4.2. Variabel batasan pada unit FCC Model IV.....	25
Gambar 4.3. Diagram alir tahap penelitian.....	29
Gambar 5.1. Antarmuka blok fungsi coefficient generator.....	35
Gambar 5.2. ECC dari blok fungsi coefficient generator.....	36
Gambar 5.3. Keluaran array <i>gi</i> pada blok fungsi coefficient generator.....	37
Gambar 5.4. Antarmuka blok fungsi dynamic matrix.....	37
Gambar 5.5. ECC blok fungsi dynamic matrix.	38
Gambar 5.6. Keluaran blok fungsi dynamic matrix dengan ukuran 5×4	39
Gambar 5.7. Antarmuka blok fungsi matrix transpose.....	40
Gambar 5.8. ECC blok fungsi matrix transpose.....	40
Gambar 5.9. Keluaran blok fungsi matrix transpose.....	41
Gambar 5.10. Antarmuka blok fungsi matrix multiplication.	42
Gambar 5.11. ECC blok fungsi matrix multiplication.....	43
Gambar 5.12. Perhitungan dan penempatan data pada keluaran blok fungsi matrix multiplication.....	45
Gambar 5.13. Antarmuka blok fungsi matrix addition (atas) dan matrix subtraction (bawah).	46
Gambar 5.14. ECC blok fungsi matrix subtraction.	47
Gambar 5.15. ECC blok fungsi matrix addition.	47
Gambar 5.16. Perhitungan, dan hasil penempatan data pada keluaran blok fungsi matrix addition dan blok fungsi matrix subtraction.....	48
Gambar 5.17. Antarmuka blok fungsi move suppression.....	49
Gambar 5.18. ECC fungsi move suppression.	49
Gambar 5.19. Keluaran pada blok fungsi move suppression.....	50
Gambar 5.20. Antarmuka blok fungsi matrix inverse.....	51
Gambar 5.21. ECC blok fungsi matrix inverse.	51
Gambar 5.22. Keluaran algoritma matrix inverse tahap 1 pada sebuah matriks persegi 3×3	54
Gambar 5.23. Keluaran algoritma matrix inverse tahap 2 bagian 1 pada sebuah matriks $A_{augment}$	55



Gambar 5.24. Keluaran algoritma matrix inverse tahap 2 bagian 2 pada sebuah matriks $A_{augment}$	57
Gambar 5.25. Keluaran blok fungsi matrix inverse.....	58
Gambar 5.26. Antarmuka blok fungsi reference trajectory.....	59
Gambar 5.27. ECC blok fungsi reference trajectory.	59
Gambar 5.28. Keluaran blok fungsi reference trajectory.	60
Gambar 5.29. Antarmuka blok fungsi free response.	61
Gambar 5.30. ECC blok fungsi free response.	62
Gambar 5.31. Jendela bergeser pada algoritma free response.....	63
Gambar 5.32. Perhitungan pada algoritma free response.....	64
Gambar 5.33. Keluaran blok fungsi free response.	65
Gambar 5.34. Antarmuka blok fungsi Get_U.	65
Gambar 5.35. ECC blok fungsi Get_U.....	66
Gambar 5.36. Aplikasi yang merepresentasikan $GT * G$	68
Gambar 5.37. Aplikasi pengendali DMC.	70
Gambar 5.38. Antarmuka blok fungsi DMC.	71
Gambar 5.39. Antarmuka blok fungsi proses FOPTD.	72
Gambar 5.40. ECC blok fungsi proses FOPTD.....	72
Gambar 5.41. Pendekatan integral dengan luas trapezoid.....	74
Gambar 5.42. Keluaran blok fungsi FOPTD Process.....	74
Gambar 5.43. Aplikasi pengujian blok fungsi pengendali DMC.....	75
Gambar 5.44. Grafik hasil pengujian blok fungsi pengendali DMC pada kapasitas maksimal.	76
Gambar 5.45. Koefisien g_i untuk setiap sesaat i pada pengendali DMC untuk $K=1,647$, $\theta=2$, dan $\tau=5,549$, $\Delta t=1$	77
Gambar 5.46. Grafik perbandingan hasil pengujian set 1 blok fungsi pengendali DMC.....	78
Gambar 5.47. Grafik perbandingan hasil pengujian set 2 blok fungsi pengendali DMC.....	79
Gambar 5.48. Grafik hasil pengujian set 2 blok fungsi pengendali untuk $\lambda=0,5$.80	
Gambar 5.49. Grafik hasil pengujian set 2 blok fungsi pengendali untuk $\lambda=0,227$	81
Gambar 5.50. Struktur kendali yang diimplementasi pada Unit FCC Model IV.84	
Gambar 5.51. Aplikasi struktur kendali Unit FCC Model IV.	85
Gambar 5.52. Grafik pendekatan kurva respon step masing-masing controlled variable.....	86
Gambar 5.53. Grafik kinerja pengendali pada kondisi operasi normal.....	88
Gambar 5.54. Grafik dinamika variabel proses operasional pada kondisi operasi normal.	90
Gambar 5.55. Grafik kinerja pengendali pada kondisi operasi perubahan Ψf . ..	92



Gambar 5.56. Grafik dinamika variabel proses operasional pada kondisi operasi perubahan Ψ_f	93
Gambar 5.57. Grafik dinamika variabel fraksi coke katalis terpakai C_{sc} dan katalis teregenerasi C_{rgc} pada kondisi operasi perubahan Ψ_f	94
Gambar 5.58 Grafik kinerja pengendali pada kondisi operasi perubahan T_{atm} .97	
Gambar 5.59. Grafik dinamika variabel proses operasional pada kondisi operasi perubahan T_{atm}	98
Gambar 5.60. Grafik dinamika variabel fraksi coke katalis terpakai C_{sc} dan katalis teregenerasi C_{rgc} pada kondisi operasi perubahan T_{atm}	99
Gambar 5.61. Grafik kinerja pengendali pada kondisi operasi perubahan T_1 . .	102
Gambar 5.62. Grafik dinamika variabel proses operasional pada kondisi operasi perubahan T_1	103
Gambar 5.63. Grafik dinamika variabel fraksi coke katalis terpakai C_{sc} dan katalis teregenerasi C_{rgc} pada kondisi operasi perubahan T_1	105

