UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR ISI

**PENGESAHAN** **ii**
**PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI** **iii**
**NASKAH SOAL TUGAS AKHIR** **iv**
**HALAMAN PERSEMBAHAN** **v**
**KATA PENGANTAR** **vi**
**DAFTAR ISI** **viii**
**DAFTAR GAMBAR** **xiii**
**DAFTAR TABEL** **xviii**
**DAFTAR LAMPIRAN** **xx**
**DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN** **xxi**
**ABSTRAK** **xxiv**
**ABSTRACT** **xxv**
**BAB I PENDAHULUAN** **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Batasan Masalah 4
1.4. Tujuan Penelitian 4
1.5. Manfaat Penelitian 4
**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** **5**
2.1. Pengaruh *Helical Baffle* pada Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* 5
2.2. Pengaruh Sudut pada *Helical Baffles* 7
2.3. Penggunaan CFD dalam Desain Alat Penukar Kalor 10
**BAB III LANDASAN TEORI** **14**
3.1. Alat Penukar Kalor 14
3.2. Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* 16
3.3. Sizing Alat Penukar Kalor Shell and Tube 25
3.4. Perhitungan Kekuatan Alat Penukar Kalor 30

UNIVERSITAS GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

3.5. Metode Perancangan Bell Delaware 40
3.5.1. Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan 48
3.5.2. Perhitungan Pressure Drop 48
3.6. Perhitungan Efektivitas 53
3.7. *Computational Fluid Dynamics* (CFD) 53
3.8.1. *Finite Volume Method* 54
3.8.2. Persamaan Atur (*Governing Equations*) 55
3.8.3. Model Turbulensi 56
3.8.4. Model Turbulensi *k- ε Realizable* 59
3.8.5. Model Turbulensi *k-ω Standard* 61
**BAB IV METODOLOGI PENELITIAN 63**
4.1. Diagram Alir Penelitian 63
4.2. Alat Penelitian 65
4.3. Bahan Penelitian 69
4.4. Perhitungan Desain Alat Penukar Kalor 70
4.5. Proses Simulasi CFD 72
4.5.1. Pre-processing 72
4.5.2. Solving 73
4.5.1. Post-processing 73
4.6. Parameter Pembanding 73
**BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 75**
5.1. Perancangan Alat Penukar Kalor Berdasarkan Standar TEMA 75
5.1.1. Perhitungan Beban Kalor 75
5.1.2. Perhitungan Log Mean Temperature Difference 75
5.1.3. Penentuan Faktor Koreksi 76
5.1.4. Penentuan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan 76

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

5.1.5. Perhitungan Luasan Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan 77
5.1.6. Perhitungan Jumlah *Tube* 77
5.1.7. Perhitungan Luasan Terkoreksi 78
5.1.8. Perhitungan Diameter *Tube Bundle* 78
5.1.9. Perhitungan Kecepatan Alir 78
5.2. Perhitungan Kekuatan Alat Penukar Kalor 80
5.2.1. Perhitungan Mekanikal *Shell* 80
5.2.2. Perhitungan *Nozzle* 81
5.2.3. Pemilihan *Tubesheet* 83
5.2.4. Pemiihan *Baffle* 83
5.2.5. Penentuan *Tie Rod* 84
5.2.6. Pemilihan *Flange* 84
5.2.7. Perhitungan *Lifting Lug* 87
5.2.8. Perhitungan *Saddle* 87
5.3. Metode Perancangan Bell Delaware 88
5.3.1 Perhitungan Laju Flux Massa pada *Shell* dan *Tube* 89
5.3.2 Perhitungan Diameter Ekuivalen 90
5.3.3 Perhitungan Bilangan Reynolds *Shell* 90
5.3.4 Perhitungan Bilangan Prandtl *Shell* 90
5.3.5 Penentuan Faktor Perpindahan Kalor pada *Shell* 90
5.3.6 Perhitngan Bilangan Nusselt 90
5.3.7 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal pada *Shell* 91
5.3.8 Penentuan Faktor Koreksi Baris *Tube* 91
5.3.9 Penentuan Faktor Koreksi *Window* 91
5.3.10 Perhitungan Faktor Koreksi *Bypass* 92

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

5.3.11 Perhitungan Faktor Koreksi *Leakage* 93
5.3.12 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada Sisi *Shell* 93
5.3.13 Perhitungan Laju Aliran pada *Tube* 94
5.3.14 Perhitungan Bilangan Reynolds pada *Tube* 94
5.3.15 Perhitungan Bilangan Prandtl pada *Tube* 94
5.3.16 Penentuan Faktor Perpindahan Kalor *Tube* 95
5.3.17 Perhitungan Bilangan Nusselt *Tube* 95
5.3.18 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor pada *Tube* 95
5.3.19 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan 95
5.4. Perhitungan Pressure Drop 96
5.4.1. Perhitungan Pressure Drop Ideal 96
5.4.2. Perhitungan Pressure Drop Zona Cross Flow 96
5.4.3. Perhitungan Pressure Drop pada Zona Window 97
5.4.4. Perhitungan Pressure Drop pada Zona Tepi 98
5.4.5. Perhitungan Pressure Drop pada Nozzle 98
5.4.6. Perhitungan Pressure Drop pada Sisi Shell 99
5.4.7. Perhitungan Pressure Drop Akibat Gesekan 99
5.4.8. Perhitungan Total Pressure Drop pada Tube 99
5.4.9. Rangkuman Perhitungan Menggunakan Metode Bell Delaware 100
5.5. Proses Pasca Hitung Perancangan 100
5.5.1. Pembuatan Geometri Alat Penukar Kalor dengan Helical Baffle 100
5.5.2. Pembuatan Model 3D Domain Fluida 101
5.5.3. Pembuatan Mesh dan Mesh Independency Test 104
5.5.4. Pengaturan pada ANSYS Fluent 108
5.6. Validasi Simulasi dan Hasil Simulasi 116

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

5.6.1. Validasi Simulasi Alat Penukar Kalor Shell and Tube Dengan Tiga Segmental Baffle 116

5.6.2. Simulasi Alat Penukar Kalor Shell and Tube Dengan Hellical Baffle Sudut 20 Derajat 122

5.6.3. Simulasi Alat Penukar Kalor Shell and Tube Dengan Hellical Baffle Sudut 30 Derajat 128

5.6.4. Simulasi Alat Penukar Kalor Shell and Tube Dengan Hellical Baffle Sudut 40 Derajat 133

5.6.5. Rangkuman Hasil Simulasi 138

5.7. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Alat Penukar Kalor Dengan Segmental Baffle dan Variasi Sudut Helical Baffle 138

5.7.1. Perbandingan Suhu Keluaran Fluida pada *Shell* dan *Tube* 139

5.7.2. Perbandingan Pressure drop yang Terjadi pada Shell dan Tube 140

5.7.3. Perbandingan Efektivitas Masing-Masing Alat penukar Kalor Dengan Variasi Baffle 142

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 143**

6.1. Kesimpulan 143

6.2. Saran 144

**DAFTAR PUSTAKA 145**

**LAMPIRAN 147**

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perbandingan bentuk aliran yang dihasilkan dari jenis *baffle* yang berbeda 5
Gambar 2. 2 perbandingan efektivitas yang dihasilkan suatu alat penukar kalor dengan pola aliran *plug flow* dan *mixing flow* 6
Gambar 2. 3 perbandingan efektivitas alat penukar kalor dengan *segmental baffle* dan *helical baffle* 6
Gambar 2. 4 profil gradien kecepatan aliran yang disebabkan oleh variasi sudut 8
Gambar 2. 5 Perbandingan performa perpindahan kalor dari *segmental baffles heat exchanger* dengan *discontinous helical baffles heat exchanger* 9
Gambar 2. 6 Perbandingan performa aliran dari *segmental baffles heat exchanger* dengan *discontinous helical baffles heat exchange* 9
Gambar 2. 7 Perbandingan performa komprehensif dari *segmental baffles heat exchanger* dengan *discontinous helical baffles heat exchanger* 10
Gambar 2. 8 Geometri *helical baffle* 11
Gambar 2. 9 Geometri *disc and doughnut baffle* 11
Gambar 2. 10 Hasil penelitian pengaruh variasi tipe *baffle* terhadap suhu keluar fluida sisi *shell* 12
Gambar 2. 11 Hasil penelitian pengaruh variasi tipe *baffle* terhadap suhu keluar fluida sisi *tube* 12
Gambar 2. 12 Bentuk Geometri 3D pada ANSYS 13
Gambar 3. 1 Alat penukar kalor 14
Gambar 3. 2 Konstruksi Standar Alat Penukar Kalor Shell and Tube Menurut TEMA 17
Gambar 3. 3 Contoh Konstruksi Alat Penukar Kalor *shell and tube* 18
Gambar 3. 4 Perbedaan *streams flow* yang melalui *bundle* 19

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 3. 5 Standar penataan *tube* 22
Gambar 3. 6 *Continous helical baffle* 24
Gambar 3. 7 *Discontinous helical baffle* 24
Gambar 3. 8 *Clearance* antara *shell* dengan *tube bundle* 29
Gambar 3. 9 Geometri standar *flange* kelas 300# 36
Gambar 3. 10 Geometri *sadle* standar 39
Gambar 3. 11 Koefisien faktor perpindahan kalor pada *cross flow tubebanks* 43
Gambar 3. 12 Grafik faktor perpindahan kalor *tube* 43
Gambar 3. 13 Faktor koreksi baris *tube* 44
Gambar 3. 14 Koefisien faktor koreksi *window* 45
Gambar 3. 15 Koefisien faktor koreksi *bypass* 46
Gambar 3. 16 Faktor perhitungan koreksi *leakage* 47
Gambar 3. 17 Koefisien faktor gesekan 49
Gambar 3. 18 Koefisien *pressure drop* faktor *bypass* 50
Gambar 3. 19 Koefisien faktor *leakage* 50
Gambar 3. 20 Pembagian volume atur 1 dimensi 55
Gambar 4. 1 Diagram alir penelitian 65
Gambar 4. 2 Tampilan microsoft excell 66
Gambar 4. 3 Tampilan Autodesk Inventor 2018 67
Gambar 4. 4 Tampilan ANSYS Design Modeler 67
Gambar 4. 5 Tampilan ANSYS Meshing 68
Gambar 4. 6 Tampilan ANSYS Fluent 68
Gambar 4. 7 Tampilan ANSYS CFD Post 69
Gambar 5. 1 Geometri pipa *nozzle* pada sisi *shell* 82
Gambar 5. 2 Geometri pipa *nozzle* pada sisi *tube* 83
Gambar 5. 3 Geometri *flange* 300# ukuran 4 in Sch 40 85
Gambar 5. 4 Geometri *flange* 300# ukuran 2 in Sch 80 85
Gambar 5. 5 Geometri *flange* 300# ukuran 8 in Sch 30 86
Gambar 5. 6 Geometri gasket 4 in 86
Gambar 5. 7 Geometri gasket 2 in 86
Gambar 5. 8 Geometri *Lifting Lug* 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 5. 9 Geometri Desain *Saddle* 88
Gambar 5. 10 Geometri *helical baffle* dengan sudut 20$^o$ 100
Gambar 5. 11 Geometri *helical baffle* dengan sudut 30$^o$ 101
Gambar 5. 12 Geometri *helical baffle* dengan sudut 40$^o$ 101
Gambar 5. 13 Gambar teknik model 3D domain fluida alat penukar kalor *shell and tube* dengan 3 *segmental baffle* 102
Gambar 5. 14 Gambar teknik model 3D domain fluida alat penukar kalor *shell and tube* dengan 20$^o$ *helical baffle* 103
Gambar 5. 15 Gambar teknik model 3D domain fluida alat penukar kalor *shell and tube* dengan 30$^o$ *helical baffle* 103
Gambar 5. 16 Gambar teknik model 3D domain fluida alat penukar kalor *shell and tube* dengan 40$^o$ *helical baffle* 104
Gambar 5. 17 Hasil *mesh* alat penukar kalor 107
Gambar 5. 18 Tampilan *general set-up* 109
Gambar 5. 19 Tampilan pengaturan model simulasi 110
Gambar 5. 20 Tampilan penentuan jenis material 111
Gambar 5. 21 Tampilan *cell zone condition* 111
Gambar 5. 22 Tampilan *boundary condition* 112
Gambar 5. 23 Tampilan *solution methods* 113
Gambar 5. 24 Tampilan penentuan syarat konvergensi 114
Gambar 5. 25 Tampilan pengaturan inisialisasi simulasi 115
Gambar 5. 26 Tampilan penentuan iterasi simulasi 115
Gambar 5. 27 Tampilan kalkulasi simulasi 116
Gambar 5. 28 Geometri 3D domain alat penukar kalor dengan 117
Gambar 5. 29 Grafik hasil simulasi distribusi suhu alat penukar kalor dengan *segmental baffle* 118
Gambar 5. 30 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan tiga *segmental baffle* 120
Gambar 5. 31 Hasil simulasi distribusi tekanan fluida pada alat penukar kalor dengan tiga *segmental baffle* 120

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 5. 32 Hasil simulasi medan aliran fluida pada alat penukar kalor dengan tiga *segmental baffle* 121
Gambar 5. 33 Geometri 3D domain alat penukar kalor dengan 123
Gambar 5. 34 Grafik hasil simulasi distribusi suhu alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 20$^o$ 124
Gambar 5. 35 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 20$^o$ 126
Gambar 5. 36 Hasil simulasi distribusi tekanan fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 20$^o$ 126
Gambar 5. 37 Hasil simulasi medan aliran fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 20$^o$ 127
Gambar 5. 38 Geometri 3D domain alat penukar kalor dengan 128
Gambar 5. 39 Grafik hasil simulasi distribusi suhu alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 30$^o$ 129
Gambar 5. 40 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 30$^o$ 131
Gambar 5. 41 Hasil simulasi distribusi tekanan fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 30$^o$ 131
Gambar 5. 42 Hasil simulasi medan aliran fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 30$^o$ 132
Gambar 5. 43 Geometri 3D domain alat penukar kalor dengan 133
Gambar 5. 44 Grafik hasil simulasi distribusi suhu alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 40$^o$ 134
Gambar 5. 45 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 40$^o$ 136
Gambar 5. 46 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 40$^o$ 136
Gambar 5. 47 Hasil simulasi distribusi suhu fluida pada alat penukar kalor dengan *helical baffle* sudut 40$^o$ 137
Gambar 5. 48 Grafik perbandingan suhu keluaran fluida panas dan dingin terhadap variasi jenis *baffle* 139

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Gambar 5. 49 Bagian yang tidak terlewati fluida panas pada *segmental baffle* 140
Gambar 5. 50 Grafik perbandingan tekanan fluida pada sisi *shell* dan *tube* terhadap variasi jenis *baffle* 141
Gambar 5. 51 Grafik perbandingan efektivitas terhadap variasi jenis *baffle* 142

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kondisi batas *Shell and Tube Heat Exchanger* penelitian 11
Tabel 3. 1 Klasifikasi ketebalan *baffle* untuk diameter standar *shell and tube exchanger* berdasarkan RCB4-41 25
Tabel 3. 2 Klasifikasi *clearance baffle to shell* untuk diameter standar *shell and tube exchanger* berdasarkan RCB4-41 25
Tabel 3. 3 Kisaran nilai koefisien perpindahan kalor keseluruhan 27
Tabel 3. 4 Nilai konstanta untuk K1 dan n1 (Sinnot, 2008) 28
Tabel 3. 5 Standar ketebalan *shell* berdasarkan tabel TEMA R-3.13 31
Tabel 3. 6 Standar ketebalan *shell* berdasarkan tabel TEMA CB-3.13 31
Tabel 3. 7 Klasifikasi ketebalan *tubesheet* berdasarkan RCB-7.22M 33
Tabel 3. 8 Klasifikasi ketebalan *baffle* untuk diameter standar *shell and tube exchanger* berdasarkan RCB4-41 34
Tabel 3. 9 Faktor Dimensi Plat Longitudinal Berdasarkan RCB-9.132 34
Tabel 3. 10 Standar ukuran dan jumlah *tie rod* berdasarkan tabel 35
Tabel 3. 11 Standar ukuran dan jumlah *tie rod* berdasarkan tabel 35
Tabel 3. 12 Klasifikasi *rating* ASME B16.5 suhu dan tekanan operasi 36
Tabel 3. 13 Dimensi standar *flange* kelas 300# 37
Tabel 3. 14 Geometri standar *lifting lug* 38
Tabel 3. 15 Tabel untuk menentukan dimensi konstruksi *sadle* 39
Tabel 3. 16 Detail informasi model turbulensi 57
Tabel 4. 1 Spesifikasi komputer 65
Tabel 4. 2 Data Properti *Compressed Process Gas* 69
Tabel 4. 3 Data Properti *Fuel Gas* 70
Tabel 4. 4 Rentang kualitas mesh 73
Tabel 5. 1 Spesifikasi *tube* alat penukar kalor 77
Tabel 5. 2 Spesifikasi desain rancangan *shell* 80
Tabel 5. 3 Spesifikasi desain rancangan *nozzle* 81
Tabel 5. 4 Dimensi *Lifting Lug* 87

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Tabel 5. 5 Dimensi *Saddle* 88
Tabel 5. 6 Spesifikasi alat penukar kalor 89
tabel 5. 7 Ukuran fisik alat penukar kalor *shell and tube* tipe aliran berlawanan 102
Tabel 5. 8 Hasil *mesh independency test* suhu keluaran fluida panas alat penukar kalor *shell and tube* dengan *segmental baffle* 105
Tabel 5. 9 Hasil *mesh independency test* suhu keluaran fluida dingin alat penukar kalor *shell and tube* dengan *segmental baffle* 105
Tabel 5. 10 Hasil *mesh independency test* suhu keluaran fluida panas alat penukar kalor *shell and tube* dengan *helical baffle* 20$^o$ 106
Tabel 5. 11 Hasil *mesh independency test* suhu keluaran fluida dingin alat penukar kalor *shell and tube* dengan *helical baffle* 20$^o$ 106
Tabel 5. 12 Kualitas *mesh* alat penukar kalor *shell and tube* 3 *segmental baffle* 107
Tabel 5. 13 Kualitas *mesh* alat penukar kalor *shell and tube* 20$^o$ *helical baffle* 107
Tabel 5. 14 Kualitas *mesh* alat penukar kalor *shell and tube* 30$^o$ *helical baffle* 108
Tabel 5. 15 Kualitas *mesh* alat penukar kalor *shell and tube* 40$^o$ *helical baffle* 108
Tabel 5. 16 Detail *general set up* simulasi 109
Tabel 5. 17 Detail pengaturan model simulasi 110
Tabel 5. 18 Detail pengaturan metode solusi 113
Tabel 5. 19 Detail penentuan syarat konvergensi 114
Tabel 5. 20 Data suhu hasil simulasi alat penukar kalor dengan 117
Tabel 5. 21 Kalkulasi error validasi simulasi alat penukar kalor 118
Tabel 5. 22 Data suhu hasil simulasi alat penukar kalor dengan 123
Tabel 5. 23 Data suhu hasil simulasi alat penukar kalor dengan 129
Tabel 5. 24 Data suhu hasil simulasi alat penukar kalor dengan 133
Tabel 5. 25 Rangkuman hasil simulasi 138

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR SHELL AND TUBE BERBASIS TEMA DAN SIMULASI DENGAN VARIASI SUDUT DISCONTINOUS HELICAL BAFFLE**
Ryan Sayoga, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D
**Universitas Gadjah Mada, 2019 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Datasheet* TEMA *heat exchanger* 147
Lampiran 2 Gambar teknik alat penukar kalor 146
Lampiran 3 Data properti material A 53 Gr. B 148
Lampiran 4 Data properti material *tube* SA316 149