Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk
Thermoacoustic Engine
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA **i**
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS **ii**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING **iii**
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI **iv**
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI **v**
NASKAH SOAL **vi**
HALAMAN PERSEMBAHAN **vii**
KATA PENGANTAR **viii**
DAFTAR ISI **x**
DAFTAR GAMBAR **xvii**
DAFTAR TABEL **xx**
DAFTAR LAMPIRAN **xxi**
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN **xxii**
INTISARI **xxvii**
ABSTRACT **xxviii**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Batasan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Pemanfaatan Gas Buang Mesin Diesel 5
2.2 Penggunaan HTRI pada Alat Penukar Kalor *Shell and tube* 8
2.3 Pengaruh Laju Aliran Massa Terhadap Performa Alat Penukar Kalor 10
BAB III LANDASAN TEORI **14**
3.1 *Thermoacoustic Engine* 14
3.2 Therminol 15
3.3 Alat Penukar Kalor 16
3.3.1 Klasifikasi Berdasarkan Geometri Konstruksi 17

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk Thermoacoustic Engine
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.2 Klasifikasi Berdasarkan *Flow Arrangements* 19
3.3.3 Klasifikasi Berdasarkan *Transfer Process* 20
3.3.4 Klasifikasi Berdasarkan Mekanisme Perpindahan Kalor 21
3.4 Alat Penukar Kalor Jenis *Shell and tube* 21
3.5 Komponen Alat Penukar Kalor Jenis *Shell and tube* 24
3.5.1. *Shell* 24
3.5.2. *Head* 24
3.5.3. *Nozzle* 25
3.5.4. *Tube* 26
3.5.5. *Tubesheet* 28
3.5.6. *Baffle* 29
3.5.7. *Tie Rod* 30
3.6 *Sizing* Alat Penukar Kalor *Shell and tube* 31
3.6.1 Perhitungan Beban Kalor 31
3.6.2 Perhitungan *Log Mean Temperature Difference* 31
3.6.3 Penentuan Faktor Koreksi LMTD 32
3.6.4 Penentuan Estimasi Total Koefisien Perpindahan Kalor 33
3.6.5 Perhitungan Luasan Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan 34
3.6.6 Perhitungan Jumlah *Tube* 34
3.6.7 Perhitungan Diameter *Tube Bundle* 34
3.6.8 Penentuan Diameter Dalam *Shell* 35
3.6.9 Penentuan *Baffle Spacing* dan Perhitungan Jumlah *Baffle* 35
3.7 Metode Perancangan *Bell-Delaware* 36
3.7.1 Perhitungan *Crossflow Area* 36
3.7.2 Perhitungan *Segmental Baffle Window* 38
3.7.3 Perhitungan Parameter *Bundle to Shell Bypass* 40

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk Thermoacoustic Engine
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.7.4 Perhitungan Parameter *Baffle Leakage Area* 41
3.7.5 Perhitungan *Mass Flow Velocity* 42
3.7.6 Perhitungan *Reynolds Number* dan *Prandtl Number* 42
3.7.7 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal pada *Shell* 44
3.7.8 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Segmental Baffle Window* 45
3.7.9 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Baffle Leakage* 46
3.7.10 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Bypass Flow* 46
3.7.11 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Unequal Baffle Spacing* 47
3.7.12 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Sisi *Shell* 47
3.7.13 Perhitungan *Nusselt Number* sisi *Tube* 48
3.7.14 Perhitungan Koefisien *Heat Transfer* sisi *Tube* 48
3.7.15 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total 49
3.7.16 Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor 49
3.8 Perhitungan Mekanikal Alat Penukar Kalor *Shell and tube* 50
3.8.1 Perhitungan Mekanikal Bagian *Shell* 50
3.8.2 Perhitungan *Nozzle* 51
3.8.3 Perhitungan *Flange* 53
3.8.4 Perhitungan Ketebalan *Tubesheet* dan *Baffle* 54
3.8.5 Penetuan *Tie Rod* 56
3.9 Perhitungan *Pressure drop* Metode Bell-Delaware 56
3.9.1 Pembagian *Section Pressure drop* Sisi *Shell* 56
3.9.2 Perhitungan Faktor Koreksi *Pressure drop* pada *Shell* Akibat *Baffle Leakage* 57

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk Thermoacoustic Engine
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.9.3 Perhitungan Faktor Koreksi *Pressure drop* pada *Shell* Akibat *Bundle Bypass* 57
3.9.4 Perhitungan Faktor Koreksi *Pressure drop* pada *Shell* Akibat *Unequal Baffle Spacing* 58
3.9.5 Perhitungan *Pressure drop Ideal Shell* 58
3.9.6 Perhitungan *Pressure drop Zona Crossflow* 59
3.9.7 Perhitungan *Pressure drop* Zona *Entrance and Exit Section* 59
3.9.8 Perhitungan *Pressure drop* Zona *Window* 60
3.9.9 Perhitungan *Pressure drop Nozzle Shell* 61
3.9.10 Perhitungan Total *Pressure drop* sisi *Shell* 61
3.9.11 Perhitungan Faktor Gesekan *Pessure Drop* sisi *Tube* 62
3.9.12 Perhitungan *Pressure drop* Akibat Gesekan 62
3.9.13 Perhitungan *Pressure drop* Akibat *Turning* 63
3.9.14 Perhitungan *Pressure drop* pada *Nozzle Tube* 63
3.9.15 Perhitungan Total *Pressure drop* pada Sisi *Tube* 63
3.10 HTRI Xchanger Suite 64
3.11 Efektivitas Alat Penukar Kalor *Shell and tube* 65
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN **67**
4.1 Diagram Alir Penelitian 67
4.2 Alat Penelitian 70
4.3 Bahan Penelitian 72
4.4 Perhitungan Desain Alat Penukar Kalor 75
4.5 Proses Prediksi Unjuk Kerja 77
4.5.1 Persiapan dan Pengumpulan Data 78
4.5.2 Input Data dan Pemodelan 78
4.5.3 Simulasi dan Analisis Hasil 80
4.6 Komparasi Parameter 81

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk Thermoacoustic Engine
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN **83**

5.1 *Sizing* Alat Penukar Kalor 83

5.1.1 Laju Perpindahan Kalor dan Suhu *Outlet Tube* 83

5.1.2 Perhitungan Log Mean Temperature Difference 84

5.1.3 Perhitungan Faktor Koreksi LMTD *Corected* 84

5.1.4 Penetuan Asumsi Total Koefisien Perpindahan Kalor 85

5.1.5 Perhitungan Luas Area Perpindahan Kalor yang Dibutuhkan 85

5.1.6 Perhitungan Jumlah *Tube* 85

5.1.7 Penentuan Diameter *Shell* 86

5.1.8 Perhitungan Diameter *Tube Bundle* 87

5.1.9 Penentuan Jumlah *Baffle* dan *Baffle Spacing* 87

5.2 Perancangan Metode Bell-Delaware 88

5.2.1 Perhitungan *Crossflow Area* 88

5.2.2 Perhitungan *Segmental Baffle Window* 89

5.2.3 Perhitungan *Bundle to Shell Bypass* 90

5.2.4 Perhitungan Parameter *Baffle Leakage Area* 91

5.2.5 Perhitungan *Massflow Velocity* 92

5.2.6 Perhitungan *Reynolds Number* dan *Prandtl Number* 92

5.2.7 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Ideal pada *Shell* 93

5.2.8 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Segmental Baffle Window* 93

5.2.9 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Baffle Leakage* 94

5.2.10 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Bypass Flow* 94

5.2.11 Perhitungan Faktor Koreksi *Heat Transfer* Akibat *Unequal Baffle Spacing* 94

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk
Thermoacoustic Engine**
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.12 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Sisi *Shell* 95
5.2.13 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Sisi *Tube* 95
5.2.14 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Total 95
5.2.15 Perhitungan Deviasi Koefisien Perpindahan Kalor 96
5.3 Perancangan Mekanikal 96
5.3.1 Perhitungan Mekanikal Bagian *Shell* 96
5.3.2 Perhitungan Mekanikal Bagian *Nozzle* 97
5.3.3 Penentuan Rating dan Ukuran Flange 99
5.3.4 Penentuan Ketebalan *Tube*sheet dan *Baffle* 101
5.3.5 Penentuan Jumlah *Tie Rod* 101
5.4 Perhitungan *Pressure drop* 102
5.4.1 Perhitungan Faktor Koreksi *Pressure drop* pada sisi *Shell* 102
5.4.2 Perhitungan *Pressure drop Ideal* pada sisi *Shell* 102
5.4.3 Perhitungan *Pressure drop* Zona *Cross Flow* 103
5.4.4 Perhitungan *Pressure drop* Zona *Entrance and Exit Section* 103
5.4.5 Perhitungan *Pressure drop* Zona *Window* 103
5.4.6 Perhitungan *Pressure drop* pada *Nozzle Shell* 104
5.4.7 Perhitungan *Pressure drop* Total pada Sisi *Shell* 104
5.4.8 Perhitungan Faktor Gesekan *Pressure drop* Sisi *Tube* 104
5.4.9 Perhitungan *Pressure drop* Sisi *Tube* Akibat Gesekan 104
5.4.10 Perhitungan *Pressure drop* Sisi *Tube* Akibat *Turning* 105
5.4.11 Perhitungan *Pressure drop* Pada *Nozzle Tube* 105
5.4.12 Perhitungan *Total Pressure drop* Pada Sisi *Tube* 105
5.5 Perhitungan Efektivitas Alat Penukar Kalor Hasil Perancangan 105
5.6 Perbandingan Hasil Perancangan Perhitungan Analitik dan Prediksi Perangkat Lunak HTRI 106

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Perancangan dan Prediksi Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Shell and Tube dengan Fluida Therminol untuk
Thermoacoustic Engine**
Ahmad Choirul Muna, Ir. Joko Waluyo, M.T., Ph.D., IPM.,ASEAN Eng., APEC Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.7 Perbandingan Hasil Prediksi Unjuk Kerja dengan Perhitungan Metode Bell-Delaware 107
5.8 Variasi Laju Aliran Massa pada Sisi *Tube* 108
5.9 Variasi *Temperature Inlet* pada Sisi *Tube* 108
5.10 Pengaruh Variasi Laju Aliran Massa pada Sisi *Tube* Terhadap Performa Alat Penukar Kalor 109
5.11 Pengaruh Variasi *Temperature Inlet* pada Sisi *Tube* Terhadap Performa Alat Penukar Kalor 112
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 117
6.1 Kesimpulan 117
6.2 Saran 118
DAFTAR PUSTAKA 119
LAMPIRAN 122