UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAM JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

MOTTO

LEMBAR PERSEMBAHAN

KATA PENGANTAR i

HALAMAN SOAL iii

INTISARI iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xii

DAFTAR NOTASI xvi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Pengertian 1

1.2. Klasifikasi Generator Uap 2

1.3. Proses Termodinamika pada Generator Uap 6

1.4. Sirkulasi Air Isian 7

1.5. Bagian-Bagian Utama Generator Uap 8

1.6. Bagian-Bagian Penunjang Generator Uap 10

BAB II. DASAR PERENCANAAN

2.1. Permasalahan dan Pemilihan Generator Uap 13

2.2. Satuan yang Digunakan dalam Perencanaan 13

2.3. Perencanaan Sirkulasi Air Isian Generator Uap 13

2.4. Perencanaan Dasar 14

2.5. Udara Pembakaran 16

2.6. Perencanaan Proses pada Generator Uap 17

2.7. Kebutuhan Uap FWH dan Kapasitas Pompa 20

BAB III. PEMBAKARAN

3.1. Kebutuhan Kalor Generator Uap 26

3.2. Pemilihan Bahan Bakar 29

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2.1. Pembakaran Bahan bakar Padat/ Batubara 29
3.2.2. Komposisi Bahan Bakar 30
3.2.3. Nilai Kalor Bahan Bakar 31
3.3. Kebutuhan Udara Pembakaran 32
3.4. Perhitungan Pembakaran 33
3.4.1. Perhitungan Efisiensi 38
3.4.2. Parameter Performansi 41

BAB IV. DAPUR DAN PIPA-PIPA DIDIH RADIASI

4.1. Dapur 47
4.1.1. Macam - Macam Dapur 47
4.1.2. Perencanaan Bentuk dan Dimensi Dapur 48
4.2. Pipa-Pipa Didih Radiasi 51
4.3. Kalor yang Diserap Dapur 51
4.4. *Screen* 58
4.4.1. Perencanaan *Screen* 58
4.4.2. Kalor yang Diserap *Screen* 59
4.5. *Draft Loss* dan *Pressure Drop* 68
4.6. Rugi Kalor pada Dinding Dapur 70
4.7. Tinjauan Kekuatan Pipa-Pipa Didih Radiasi 73

BAB V SUPERHEATER

5.1. Perencanaan Superheater 75
5.1.1. Kecepatan Aliran uap 75
5.1.2. Kesetimbangan Kalor Antara Gas Asap dan Uap 77
5.1.3. Kalor yang Diserap Superheater 78
5.2. Rugi Kalor Melalui Dinding Superheater 84
5.2.1. Rugi Kalor Dinding Samping dan Bawah 85
5.2.2. Rugi Kalor Dinding Atas 86
5.3. Penurunan Tekanan Uap dan Draft Loss 87
5.4. Tinjauan Kekuatan Pipa 91

BAB VI. PIPA-PIPA DIDIH KONVEKSI

6.1. Perencanaan Pipa Didih Konveksi 93

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Jr. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6.2. Kesetimbangan Kalor 94
6.3. Rugi Kalor Melalui Dinding 97
6.4. *Cavity* 99
6.4.1. Radiasi *Cavity* 99
6.4.2. Rugi Kalor Melalui Dinding *Cavity* 101
6.5. *Draft Loss* dan Penurunan Tekanan Air 102
6.6. Tinjauan Kekuatan Pipa-Pipa Didih Konveksi 103

BAB VII. EKONOMISER

7.1. Perencanaan Pipa-Pipa Ekonomiser 105
7.2. Kalor yang Diserap Ekonomiser 106
7.3. Rugi Kalor Melalui Dinding 109
7.4. Penurunan Tekanan Air dan *Draft Loss* 110
7.5. Pemilihan Bahan Pipa 112

BAB VIII. DUST COLECTOR

8.1. Polusi Udara 113
8.2. Pengendalian Polutan Padat 114
8.3. Teknologi Pengendalian *Particulate* .....
115
8.4. Prinsip Pengumpul Debu 115
8.5. Perencanaan *Dust Colector* 116
8.5.1. Rugi Kalor Melalui Dinding 117
8.5.2. Penurunan Tekanan 118

BAB IX. AIR HEATER

9.1. Kapasitas Udara yang Dipanaskan *Air Heater* 122
9.2. Perencanaan *Air Heater* 123
9.3. Kesetimbangan Kalor 125
9.4. Rugi Kalor Melalui Dinding 129
9.5 Penurunan Tekanan Udara dan *Draft Loss* 130
9.6. Temperatur Pipa 131

BAB X. FEED WATER HEATER

10.1. Perencanaan *Feed Water Heater* 133

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.2. Penurunan Tekana Air pada FWH 140
10.3. Perencanaan Dinding FWH 141
10.4. Tinjauan Kekuatan Pipa-Pipa FWH 141

BAB XI. SIRKULASI AIR ISIAN

11.1. Sirkulasi Alam 144
11.2. Sirkulasi Paksa 144
11.3. Prinsip Sirkulasi Alam 145
11.4. Kerugian Tekanan Aliran Air dan Uap 147
11.5. Perencanan Pipa-Pipa Turun 149
11.6. Penyerapan Kalor dan Laju Aliran Massa pada Pipa-Pipa Naik 152
11.6.1. Perencanaan Pipa-Pipa Turun 1 152
11.6.1.1. Rugi aliran pada pipa-pipa naik (R1) 152
11.6.1.2. Pemilihan Pipa-Pipa Turun 1 155
11.6.2. Perencanaan Pipa-Pipa Turun 2 157
11.6.2.1. Rugi Aliran Pada Pipa-Pipa Naik (R2) 157
11.6.2.2. Pemilihan Pipa-Pipa Turun 2 159
11.6.3. Perencanaan Pipa-Pipa Turun 3 161
11.6.3.1. Rugi Aliran pada Pipa-Pipa Naik (R3) 161
11.6.3.2. Perencanaan Pipa-Pipa Turun 3 164
11.6.4. Perencanaan Pipa-Pipa Turun 4 dan 5 165
11.6.4.1. Rugi Aliran Pada Pipa-Pipa Naik (R4 = R5) 165
11.6.4.2. Pemilihan Pipa-Pipa Turun 4 dan 5 168

BAB XII. PULVERIZER, BURNER DAN ALAT PERLENGKAPAN

12.1. *Coal Pulverizer* 171
12.2. Sistem Penepung Batubara 172
12.3. *Burner* dan Sistem Pembakaran 174
12.4. Alat Perlengkapan Generator Uap 178
12.4.1 Katup Pengaman / *Savety Valve* 179
12.4.2. Manometer 180
12.4.3. Gelas Penduga 181
12.4.4. Garis Api 183

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12.4.5. Peluit Bahaya 183
12.4.6. Prop Timah 184
12.4.7. Katup Air Umpan / *Feed Water Valve* 185
12.4.8. Keran Uap / *Steam Valve* 186
12.4.9. Keran Pembersih / *Blow Down Valve* 186
12.4.10. Pemisah Uap / *Steam Separator* 187

BAB XIII. SISTEM TARIKAN

13.1. Cerobong 189
13.1.1. Perencanaan Cerobong 190
13.2. Fan 194
13.2.1. Fan Penghembus Udara 196
13.4.2. Fan Penghisap Gas 202
13.4.3. Fan Udara Primer 207

BAB XIV. HEADER, DRUM DAN POMPA

14.1. *Header* 211
14.1.1. *Header* pada Pendidih Radiasi 212
14.1.2. *Header* Superheater 213
14.1.3. *Header* pada Ekonomiser 214
14.2. Drum 216
14.2.1. Perencanaan Drum Atas 217
14.2.2. Drum Bawah 217
14.3. Pompa Air Isian 218
14.3.1. Faktor–Faktor dalam Pemilihan Pompa 218
14.3.2. Pemilihan Pompa 219

BAB XV. EFISIENSI TERMAL DAN KONTROL TEMPERATUR

15.1. Efisiensi Generator Uap 221
15.2. Pengontrolan Temperatur Uap 224

BAB XVI. AIR ISIAN GENERATOR

16.1. Kesadahan Air 234
16.2. Pengolahan Air Isian 235
16.2.1. Pengolahan Air Isian Luar / *Eksternal Treatment* 235

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

16.2.1.1. Perlakuan Awal / *Pretreatment* 235
16.2.1.2. Pelunakan Air Isian 239
16.2.2. Pengolahan Air Isian Dalam / *Internal Treatment* 243
16.2.3. Pemisahan Minyak dari Air Isian 243
16.3. Pencegahan Korosi 244

BAB XVII. PENUTUP

17.1. Pengoperasian Awal Generator Uap 248
17.2. Menghidupkan Generator 250
17.3. Mematikan Generator 251
17.4. Kesimpulan 251

DAFTAR PUSTAKA xxii

LAMPIRAN

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kondisi air isian atau uap 24

Tabel 3.1. Komposisi udara atmosfer 32

Tabel 3.2. Kebutuhan udara pembakaran dan hasil pembakaran 33

Tabel 3.3 Kebutuhan udara pembakaran teoritis 35

Tabel 3.4. Komposisi gas asap dalam persen berat dan persen volume 38

Tabel 3.5. Perhitungan pembakaran 45

Tabel 11.1. Perbandingan Luas permukaan dan penyerapan kalor radiasi dapur oleh kelompok pipa-pipa didih radiasi 150

Tabel 11.2. Koefisien belokan N_b. 153

Tabel 13.1. *Stack effect* untuk tiap ft vertikal 202

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Perkembangan generator uap 5

Gambar 1. 2. Proses pada generator uap 6

Gambar 1.3. Sirkulasi air isian generator uap 8

Gambar 2.1. Perencanaan dasar 15

Gambar 2.2. Aliran fluida dan perencanaan proses 20

Gambar 3.1. Rugi-rugi kalor radiasi dan konveksi melaui dinding (*radiation Losses*) dalam persen *gross heat input* 40

Gambar 3.2 *Enthalpy* gas asap di atas 77°F pada 30 in. Hg. 46

Gambar 4.1. Perencanaan bentuk dan dimensi ruang bakar 50

Gambar 4.2. Faktor efektivitas dinding ruang bakar (1,0 untuk permukaan *full water cooled*) 53

Gambar 4.3. Hubungan antara temperatur gas asap keluar dapur dengan *heat release rate* untuk berbagai jenis bahan bakar 54

Gambar 4.4. Emisivitas uap air pada tekanan total 1 atm; p_wL_e = tekanan parsial dalam atm x *mean beam length* dalam ft 56

Gambar 4.5. Emisivitas karbon dioksida pada tekanan total 1 atm; p_cL_e = tekanan parsial dalam atm x *mean beam length* dalam ft. 57

Gambar 4.8. Faktor properti gas untuk menentukan Bilangan Reynold 61

Gambar 4.9. Faktor kecepatan konveksi dan geometri dasar aliran silang h_c' .. 62

Gambar 4.10. Faktor properti fisik (F_{pp}) 62

Gambar 4.11. Faktor susunan yang dipengaruhi oleh bilangan Reynold untuk berbagai susunan pipa *in-line* aliran silang untuk udara atau gas asap (F_a) 63

Gambar 4.12. Faktor kedalaman perpindahan kalor (F_d) 63

Gambar 4.13. Koefisien perpindahan kalor radiasi dasar (h_r') 65

Gambar 4.14. Tekanan parsial (pr) untuk batubara dan bahan bakar padat lainnya 65

Gambar 4.15. Panjang berkas radiasi rata-rata /*Mean Radiating Length* (L)..... 66

Gambar 4.16. Faktor bahan bakar 66

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.17. Faktor pengotoran 66
Gambar 4.18. Kalor jenis rata-rata gas asap (c_p) 67
Gambar 4.19. Faktor gesekan, yang dipengaruhi oleh bilangan Reynold untuk bermacam-macam susunan pipa aliran silang gas atau udara 69
Gambar 4.20. Faktor kedalaman *draft loss* untuk jumlah baris pipa menyilang . 70
Gambar 4.21. Konstruksi dinding dapur..... 70
Gambar 4.22. Konduktivitas thermal berbagai bahan dinding dapur 71
Gambar 4.23. Konduktansi permukaaan pada berbagai kecepatan aliran udara (Standar ASTM pada bahan *refractory*, 1948) 72
Gambar 5.1. Viskositas absolut uap jenuh dan panas lanjut 80
Gambar 5.2. Faktor kecepatan dan geometri aliran konveksi pada aliran longitudinal 83
Gambar 5.3. Pengaruh temperatur film T_f, dan tekanan pada faktor proferti fisik F_{pp}. 83
Gambar 5.4. Faktor temperatur F_T, aliran longitudinal udara, gas atau uap 84
Gambar 5.5 Susunan lapisan dinding superheater 85
Gambar 5.6. Kekasaran relatif berbagai permukaan saluran 89
Gambar 5.7. Hubungan bilangan Reynold - faktor gesekan untuk menentukan penurunan tekanan fluida yang melalui saluran tertutup (pipa dan *duct*) 90
Gambar 5.8. Koefisien belokan 91
Gambar 6.1. Perencanaan *Cavity* 100
Gambar 8.1. Perencanan pengumpul debu siklon..... 118
Gambar 9.1. Perencanaan *air heater* 123
Gambar 9.2. Pengaruh temperatur film T_f dan *moisture*, pada faktor proferti fisik F_{pp}. pada gas dalam aliran longitudinal 127
Gambar 10.1. Aliran fluida dalam FWH 134
Gambar 10.2 Koefisien perpindahan kalor berdasarkan kecepatan aliran air dalam pipa 137
Gambar 10.3. Koefisien Kondensasi 139

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 11.1. Persen SBV dan persen SBW yang diijinkan berdasarkan tekanan kerja 145
Gambar 11.2. Skema sirkulasi alam pada generator uap 146
Gambar 11.3. Skema susunan pipa-pipa didih dan turun 148
Gambar 11.4. Viskositas absolut beberapa jenis fluida 153
Gambar 12.1. Pengapian langsung, sistem fan panas untuk *pulverized coal* 173
Gambar 12.2. Pengapian langsung, sistem fan dingin untuk *pulverized coal* 173
Gambar 12.3. *Conventional circular burner* 175
Gambar 12.4. *Conventional cell burner* 176
Gambar 12.5. *S-type burner* 176
Gambar 12.6. DRB-XCl TM *burner* 178
Gambar 12.7. Katup Pengaman 180
Gambar 12.8. Manometer 181
Gambar 12.9 Gelas penduga 182
Gambar 12.10. Peluit bahaya (dari Black, Dikkers & Co. Hengelo) 184
Gambar 12.11. Prop timah 185
Gambar 12.12. Keran pengisi air umpan 185
Gambar 12.13. Keran uap / *steam valve* 186
Gambar 12.13. Keran pembersih 187
Gambar 12.14. Drum uap dengan tiga baris *separator* siklon primer 188
Gambar 13.1. Dimensi cerobong berdasarkan laju aliran gas asap 191
Gambar 13.2. Hubungan diameter, tinggi cerobong dengan temperatur keluar gas asap 192
Gambar 13.3. Tarikan cerobong 193
Gambar 13.4. Faktor Gesekan 193
Gambar 13.5. Susunan perencanaan sistem tarikan 195
Gambar 13.6. Koefisien rugi tekanan pada saluran rektangular dengan sudut 90° 198
Gambar 13.7. Faktor kontraksi penampang N_c 199
Gambar 13.8. Faktor expansi penampang N_e 199
Gambar 15.1. Kontrol superheater dengan menaikkan *excess air* 226

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 15.2. Pengontrolan superheater dengan resirkulasi gas asap 227
Gambar 15.3. Kontrol superheater menggunakan *gas by-pass* 228
Gambar 15.4. *Attemperator* jenis *header* / drum dan instalasinya 230
Gambar 15.5. *Attemperator* jenis *sheel and tube* dan instalasinya 230
Gambar 15.6. *Attemperator* jenis *sumerged* dan instalasinya 231
Gambar 15.7. *Attemperator* jenis kontak langsung / *spray* dan instalasinya ... 231

UNIVERSITAS GADJAH MADA
PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Paturrawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMBANG

1. Huruf Latin

A = luas permukaan, ft^2

A_a = luas penampang aliran air dalam pipa, ft^2

A_{cav} = luas permukaan *cavity*, ft^2

A_s = luas penampang aliran uap, ft^2

A_{sc} = luas penampang *screen*, ft^2

A_g = luas penampang aliran / *free area* gas asap, ft^2

A_r = *flat projected area* dapur, ft^2

A_k = luas permukaan yang menerima kalor konveksi, ft^2

A_d = luas permukaan dinding yang bersinggungan dengan udara luar, ft^2

A_p = persentase luas penyerapan dikalikan dengan luas planar, ft^2

B = tekanan udara luar, in Hg

b = tinggi saluran *rectangular* gas asap/udara, ft

B_r = beban ruang bakar, Btu/ft^3 jam

CFM= *cubic feet minutes*

c_p = kalor jenis gas asap, Btu/lbm °F

CR = rasio sirkulasi/*circulation ratio*

d = lebar saluran *rectangular* udara/gas asap, ft

D_e = diameter ekuivalen, in atau ft

D_i = diameter dalam pipa, in

D_o = diameter luar pipa, in

D_s = diameter *shell* FWH, in

E = efisiensi pelemahan / *ligament*

E_{in} = infut kalor ke generator, Btu/jam

E_{out} = kebutuhan kalor total generator uap, Btu/jam

f = faktor gesekan

F_a = faktor susunan pipa

F_d = faktor kedalaman

F_{pp} = faktor properti fisik

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

F_g = faktor efektivitas radiasi antar pipa

F_t = faktor temperatur

G' = jumlah massa uap yang terkondensasi satua penampang / beban FWH

G_a = fluks massa air, lbm/ft^2 jam

G_g = fluks massa gas asap, lbm/ft^2 jam

G_s = fluks massa uap, lbm/ft^2 jam

G_u = fluks massa udara, lbm/ft^2 jam

H = tinggi cerobong, ft

H_g' = *heat available* gas asap, Btu/jam

H_g = *heat available* gas asap, Btu/lbm

h_{ac} = kerugian *head* karena percepatan aliran, ft H_2O

h_f = *enthalpy* air, Btu/lbm

h_{fg} = *enthalpy* penguapan air, Btu/lbm

h_g = *enthalpy* uap/gas asap, Btu/lbm

h_g = koefisien perpindahan kalor gas asap, Btu/h ft^2 °F

h_{cg} = koefisien perpindahan kalor konveksi gas asap, Btu/h ft^2 °F

h_{rg} = koefisien perpindahan kalor radiasi gas asap, Btu/h ft^2 °F

h_u = koefisien perpindahan kalor konveksi udara *air heater*, Btu/h ft^2 °F

h_{ud} = koefisien perpindahan kalor konveksi udara luar, Btu/h ft^2 °F

h_s = koefisien perpindahan kalor pada pipa, Btu/h ft^2 °F

h_p = *head* pompa, ft H_2O

hp = daya / *horse power*

$h\Sigma d$ = total kerugian *head* pada pipa-pipa turun, ft H_2O

$h\Sigma r$ = total kerugian *head* pada pip-pipa naik, ft H_2O

HHV= nilai kalor tinggi, Btu/lbm

K = faktor susunan dan bahan bakar

k = konduktivitas kalor bahan, Btu/h ft^2 °F

L = panjang pipa, ft

L = panjang radiasi rata-rata, ft

LMTD =*log mean differential temperature*, °F

$l_\perp$ = jarak antar sumbu pipa tegak lurus arah aliran, in

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir; Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

l = jarak antar sumbu pipa sejajar arah aliran, in

L_e = panjang berkas ekuivalen, ft

LHV = nilai kalor rendah, Btu/lbm

m = laju aliran massa, lbm/jam

m_f = laju kebutuhan bahan bakar, lbm/jam

m_g' = laju massa gas asap per 10.000 Btu kalor input

m_g = laju aliran massa gas asap, lbm/jam

m_s = laju aliran massa uap, lbm/jam

m_u = kebutuhan massa udara pembakaran, lbm/jam

m_u' = pengurangan kebutuhan udara karena adanya karbon tak terbakar, lbm/jam

$m_{ud\text{-}act}$ =kebutuhan udara pembakaran aktual, lbm/jam

$m_{u\text{-}Btu}$ =kebutuhan udara pembakaran per 10.000 Btu kalor input

N = jumlah pipa

N_b = jumlah baris pipa

N_b = faktor belokan

N_{ek} = koefisien tahanan aliran pada pipa karena perubahan penampang

N_s = putaran spesifik pompa, 1/menit

N_{en} = koefisien tahanan aliran pada saat masuk

N_{ex} = koefisien tahanan aliran pada saat keluar

N_{exp} = koefisien tahanan aliran karena ekspansi penampang

P = daya pompa / daya motor / daya fan, kW

PC = *pulverized Coal* / batubara serbuk

Pc = tarikan cerobong teoritis, in H_2O

P_c = tekanan parsial CO_2

P_p = tekanan yang harus disediakan pompa, ft H_2O

P_r = tekanan parsial, atm

P_w = tekanan parsial H_2O

Q_{ah} = kalor yang diperlukan *air heater*, Btu/jam

Q_{cav} = kalor yang diradiasikan oleh *cavity*, Btu/jam

Q_d = kalor yang diserap oleh dinding dapur, Btu/jam

Q_{pd} = kalor yang diserap oleh pipa-pipa didih, Btu/jam

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Q_{ek} = kalor yang diserap oleh ekonomiser, Btu/jam

Q_{konv} = kalor yang diserap melalui konveksi, Btu/jam

Q_{ld} = kalor yang hilang melalui dinding, Btu/jam

Q_{pkonv} =kalor yang diserap oleh pipa-pipa konveksi, Btu/jam

Q_{rad} = kalor yang diserap secara radiasi, Btu/jam

Q_{scr} = total kalor yang diserap oleh *screen*, Btu/jam

Q_{sh} = kalor yang diserap oleh superheater, Btu/jam

Q_u = kalor yang dibawa oleh udara pembakaran, Btu/lbm

r = jari-jari kelengkungan, in

r_o = jari-jari kelengkungan luar, in

r_i = jari-jari kelengkungan daalam, in

SE = *stack efect*

S_w = tegangan minimum yang diijinkan, psi

t = tebal lapisan dinding, in

t = tebal pipa, in

t_r = temperatur rata-rata, °F

T_1 = temperatur masuk gas asap, °F

T_1' = temperatur masuk air atau uap,°F

T_2 = temparatur keluar gas asap, °F

T_2' = temperatur keluar air atau uap, °F

T_{u1} = temperatur udara masuk, °F

T_{u2} = temperatur udara keluar, °F

T_d = temperatur jenuh air isian, °F

T_d = temperatur dinding, °F

T_o = temperatur referensi, °F

T_f = temperatur bahan bakar, °F

T_f = temperatur film, °F

T_{fa} = temperatur film udara, °F

T_{fg} = temperatur film gas asap, °F

$T_{g\,out}$ = temperatur gas asap meninggalkan *air heater*, °F

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumerta, Ir. Arief Darmawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

T_{gt} = temperatur gas asap rata-rata, °F

t_{min} = tebal pipa minimum, in

T_s = temperatur rata-rata uap, °F

T_{ud} = temperatur udara luar, °F

T_w = temperatur dinding pipa, °F

U = koefisien perpindahan kalor *overall*, Btu/h ft^2 °F

V = kecepatan aliran air dalam pipa, ft/s

V_c = kecepatan gas asap pada *dust collector*, ft/s

V_g = kecepatan aliran gas asap, ft/s

V_c = volume cavity, ft^3

Z = perbedaan elevasi, ft

2. Huruf Yunani

% SBV =persen volume uap

% SBW =persen berat uap

α_g = absorbsivitas radiasi gas asap

α_w = absorbsivitas radiasi H_2O

α_c = absorbsivitas radiasi CO_2

γ_f = berat jenis air jenuh, lbf/ft^3

γ_{mix} = berat jenis campuran uap and air meninggalkan pipa-pipa naik, lbf/ft^3

γ_r = berat jenis campuran air-uap rata-rata pada pipa naik, lbf/ft^3

γ_1 = berat jenis fluida masuk pipa-pipa naik, lbf/ft^3

γ_d = berat jenis air pada pipa pipa turun, lbf/ft^3

γ_s = berat jenis uap jenuh, lbf/ft^3

ε_c = emisivitas gas asap

$\varepsilon_{g(T)}$ = emisivitas gas asap pada temperatur T

ε_w = emisivitas H_2O

ε_{ef} = emisivitas efektif permukaan pipa

ε_s = emisivitas pipa baja

PERENCANAAN GENERATOR UAP BAHAN BAKAR BATUBARA KAPASITAS 60 TON/JAM, TEKANAN 60 ATM DAN TEMPERATUR 5000C
I Wayan Sumarta, Ir. Arief Dermawan
Universitas Gadjah Mada, 2000 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

η = efisiensi termal generator (%)

η = efektivitas penyerapan dinding dapur

Δ_ε = faktor koreksi emisivitas karena adanya CO_2 dan H_2O dalam gas

ΔP = *draft loss* / kerugian tekanan, psi / in H_2O

ΔP_b = penurunan tekanan karena belokan

ΔP_f = penurunan tekanan karena gesekan

ΔP_{en} = penurunan tekanan pada saat masuk pipa

ΔP_{ex} = penurunan tekanan pada saat keluar pipa

σ = konstanta Stefan Boltzman, $1{,}714 \times 10^{-8}$ Btu/jam. ft^2 R^4

θ = sudut belokan, °

μ = viskositas absolut fluida, lbm/h ft

ρ_r = massa jenis fluida rata-rata, lbm/ft^3

ρ_1 = massa jenis fluida masuk, lbm/ft^3

ρ_2 = massa jenis fluida keluar, lbm/ft^3

υ = volume jenis fluida rata-rata, ft^3/lbm

υ_1 = volume jenis fluida masuk, ft^3/lbm

υ_2 = volume jenis fluida keluar, ft^3/lbm