



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN MOTTO.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN SOAL.....	vi
INTISARI.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR / GRAFIK.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI / LAMBANG.....	xx
PENDAHULUAN.....	1
BAB I TINJAUAN UMUM GENERATOR UAP.....	5
1.1. Pengertian Generator Uap.....	5
1.2. Klasifikasi Generator Uap.....	6
1.2.1. Generator Uap Lorong Api.....	7
1.2.2. Generator Uap Pipa-Pipa Api.....	8
1.2.3. Generator Uap Pipa-Pipa Air.....	8
BAB II PEMILIHAN JENIS GENERATOR UAP.....	10
2.1. Tinjauan Permasalahan.....	10
2.2. Pemilihan Jenis Generator Uap.....	11
2.3. Generator Uap Paket Pipa-Pipa Api.....	15
BAB III PROSES PEMBAKARAN BAHAN BAKAR.....	18
3.1. Kebutuhan Kalor Generator Uap.....	18
3.2. Pemilihan Bahan Bakar.....	22
3.3. Reaksi Pembakaran Bahan Bakar.....	23
3.4. Kebutuhan Udara Pembakar.....	25



3.5.	Komposisi Gas Asap.....	27
3.6.	Kebutuhan Bahan Bakar.....	28
3.7.	Temperatur Pembakaran Teoritis.....	29
BAB IV	<i>BURNER</i>	33
4.1.	<i>Burner</i> Bahan Bakar Minyak Residu.....	33
4.2.	Penentuan Dimensi <i>Burner</i>	35
BAB V	DAPUR (<i>FURNACE</i>) DAN LEMARI API (<i>REVERSAL CHAMBER</i>).....	42
5.1.	Perhitungan Dimensi Dapur.....	42
5.1.1.	Diameter Dapur Yang Diperlukan.....	42
5.1.2.	Panjang Dapur Yang Diperlukan.....	43
5.1.3.	Perhitungan Volume Dapur.....	46
5.2.	Kalor Yang Diserap Dapur.....	47
5.3.	Temperatur Gas Asap Keluar Dapur.....	48
5.4.	Perencanaan Lemari Api.....	52
5.4.1.	Perhitungan Dimensi Lemari Api.....	52
5.4.2.	Kalor Yang Diserap Lemari Api.....	57
5.4.3.	Temperatur Gas Asap Keluar Lemari Api.....	57
5.4.4.	Rugi Kalor Lewat Dinding Lemari Api.....	58
BAB VI	PIPA-PIPA API DAN <i>SMOKE BOX</i>	62
6.1.	Pendahuluan.....	62
6.2.	Perencanaan Pipa-Pipa Api Laluan Pertama.....	62
6.2.1.	Temperatur Gas Asap Keluar Pipa-Pipa Api Laluan Pertama.....	64
6.2.2.	Perhitungan Kekuatan Pipa-Pipa Api Laluan Pertama.....	68
6.2.3.	Rugi Tekan Gs Asap Dalam Pipa-Pipa Api Laluan Pertama.....	70
6.2.4.	Kecepatan Aliran Gas Asap Pada Pipa-Pipa Api Laluan Pertama.....	73



6.3.1.	Penentuan Dimensi <i>Smoke Box</i>	74
6.3.2.	Suhu Gas Asap Keluar <i>Smoke Box</i>	78
6.3.3.	Perhitungan Luas Penampang <i>Smoke Box</i> Untuk Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	83
6.4.	Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	84
6.4.1.	Temperatur Gas Asap Keluar Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	84
6.4.2.	Perhitungan Kekuatan Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	86
6.4.3.	Rugi Tekan Gas Asap Dalam Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	86
6.4.4.	Kecepatan Aliran Gas Asap Pada Pipa-Pipa Api Laluan Kedua.....	88
BAB VII	CEROBONG.....	89
7.1.	Perhitungan Dimensi Cerobong.....	89
7.2.	Tarikan Cerobong.....	96
7.3.	Rugi Tekan Pada Cerobong.....	96
7.4.	Rugi Kalor Lewat Dinding Cerobong.....	97
BAB VIII	TANGKI DAN PENYANGGA.....	98
8.1.	Perhitungan Tebal Tangki Minimum.....	98
8.1.1.	Tebal Tangki Dihitung Berdasarkan Kemungkinan Belah.....	98
8.1.2.	Tebal Tangki Dihitung Berdasarkan Kemungkinan Putus.....	100
8.2.	Proses Pembuatan Tangki.....	101
8.2.1.	<i>Annealing</i>	101
8.2.2.	<i>Water Test</i>	102
8.2.3.	<i>Painting</i>	102
8.3.	Rugi Kalor Lewat Dinding Tangki.....	102
8.4.	Penyangga.....	104
BAB IX	<i>SUPERHEATER</i>	107
9.1.	Gambaran Umum.....	107



BAB IX	<i>SUPERHEATER</i>	107
9.1.	Gambaran Umum.....	107
9.2.	Jenis-Jenis <i>Superheater</i>	108
9.3.	<i>Superheater</i> Generator Uap Scotch.....	108
9.3.1.	<i>Superheater</i> Tipe " <i>Smoke Tube</i> ".....	109
9.3.2.	<i>Superheater</i> Tipe " <i>Combustion Chamber</i> ".....	110
9.4.	Perhitungan Jumlah Pipa <i>Superheater</i>	111
9.4.1.	Data Perencanaan.....	111
9.4.2.	Perhitungan Massa Jenis Uap Rata-Rata.....	111
9.4.3.	Perhitungan Luas Penampang Pipa.....	112
9.4.4.	Perhitungan Jumlah Pipa.....	112
9.5.	Perhitungan Temperatur Gas Asap.....	114
9.6.	Perhitungan Luas Perpindahan Kalor.....	114
9.7.	Pemeriksaan Kekuatan Pipa.....	115
9.8.	Perhitungan Kerugian Tekanan Uap Dalam <i>Super- heater</i>	115
BAB X	PENGOLAHAN AIR ISIAN (<i>WATER TREATMENT</i>).....	118
10.1.	Air Isian Generator Uap.....	118
10.2.	Pengaruh Air Isian Generator Uap.....	118
10.2.1.	Kerak Dan Lumpur.....	118
10.2.2.	Buih Dan Larutan Minyak.....	121
10.2.3.	Korosi.....	122
10.3.	Pencegahan Terbentuknya Kerak.....	124
10.3.1.	<i>External Water Treatment</i>	124
10.3.1.1.	Proses Pelunakan Secara Kimia.....	125
10.3.1.2.	Proses Pelunakan Dengan Garam Na_2Ze (Proses Pelunakan Tukar Ion).....	126
10.3.2.	<i>Internal Water Treatment</i>	129
BAB XI	<i>DEAERATOR</i>	130
11.1.	Dasar Pemikiran.....	131
11.2.	Proses Pengusiran Oksigen.....	132



11.2.1.	Prinsip Dasar Dan Jenis <i>Deaerator</i> Yang Digunakan.....	132
11.3.	Jumlah Uap Yang Dibutuhkan <i>Deaerator</i>	134
11.4.	Perhitungan Dimensi <i>Deaerator</i>	135
BAB XII	POMPA BAHAN BAKAR DAN POMPA AIR ISIAN.....	141
12.1.	Pompa Bahan Bakar.....	141
12.1.1.	Daya Yang Dibutuhkan Pompa.....	141
12.1.2.	Perhitungan Dimensi Pompa Sekrup.....	143
12.1.3.	Pemeriksaan Kekuatan Pompa Sekrup.....	146
12.2.	Pompa Air Isian.....	148
12.2.1.	Perhitungan Daya Yang Dibutuhkan Pompa.....	149
12.2.2.	Perhitungan Dimensi Pompa Sentrifugal.....	153
BAB XIII	PERALATAN ASESORI GENERATOR UAP.....	160
13.1.	Masalah Tekanan Kerja Generator Uap.....	161
13.1.1.	Manometer.....	161
13.1.2.	Katup Pengaman (<i>Safety Valve</i>).....	162
13.2.	Masalah Level Air Pada Generator Uap.....	163
13.2.1.	Gelas Penduga.....	164
13.2.2.	Peluit Bahaya.....	165
13.2.3.	Prop Timah.....	166
13.3.	Katup Air Umpan (<i>Feed Water Valve</i>).....	167
13.4.	Katup Uap Induk (<i>Main Stream Valve</i>).....	168
13.5.	Masalah kadar Larutan Dalam Air Isian.....	169
13.5.1.	Katup <i>Blowdown</i>	169
13.5.2.	Katup Pembuang Buih.....	169
13.6.	<i>Separator</i>	169
13.7.	<i>Flow Meter</i>	170
13.8.	Termometer.....	171
13.9.	Pengukuran Kadar Gas CO, CO ₂ , Dan H ₂	171



BAB XIV	FAN.....	172
14.1.	Asas Kerja Fan.....	172
14.2.	Perhitungan <i>Brake Horse Power</i> (BHP).....	174
14.3.	Perhitungan Dimensi Fan.....	176
BAB XV	SISTEM PENGATURAN DAN NERACA KALOR.....	186
15.1.	Pengaturan Suplai Bahan Bakar.....	186
15.2.	Pengaturan Pemasukan Udara.....	186
15.3.	Pengaturan Temperatur Uap Hasil.....	186
15.3.1.	Perhitungan Aliran Gas Asap Pada <i>Damper</i> A....	187
15.3.2.	Perhitungan Aliran Gas Asap Pada <i>Damper</i> B....	189
15.4.	Neraca Kalor Generator Uap.....	190
PENUTUP.....		192
DAFTAR PUSTAKA.....		193
DAFTAR LAMPIRAN.....		195



DAFTAR GAMBAR / GRAFIK

1. Gb.2.1.	Diagram entalpi generator uap.....	10
2. Gb.2.2.	Bidang pemakaian generator uap.....	12
3. Gb.2.3.	Tipe perbandingan harga generator uap.....	12
4. Gb.2.4.	<i>Packaged Scotch heating boiler-burner unit, wet back, two pass, oil-fired unit.....</i>	16
5. Gb.2.5.	<i>Dry back, three pass gas fired unit Scotch boiler.....</i>	16
6. Gb.2.6.	<i>Wet back, three pass Economic boiler.....</i>	17
7. Gb.2.7.	<i>Packaged firetube boiler.....</i>	17
8. Gb.4.1.	Hubungan temperatur udara pembakaran dengan faktor konversi pada ukuran <i>burner</i>	36
9. Gb.4.2.	Angka karakteristik, K.....	38
10. Gb.4.3.	Dimensi utama <i>burner</i>	39
11. Gb.4.4.	<i>Hydraulic circuit for a pressure jet oil burner.....</i>	40
12. Gb.4.5.	<i>Commercial pressure jet burner for a fire-tube boiler.....</i>	41
13. Gb.5.1.	Hubungan antara kalor input generator uap pipa-pipa api dengan diameter dapur.....	43
14. Gb.5.2.	Konstruksi lorong api (dapur).....	44
15. Gb.5.3.	Dimensi dapur.....	45
16. Gb.5.4.	Potongan bagian dapur yang bergelombang....	46
17. Gb.5.5.	Hubungan temperatur gas asap dengan entalpinya (untuk $T_g = 0^{\circ}\text{F} - 2.400^{\circ}\text{F}$).....	50
18. Gb.5.6.	Hubungan temperatur gas asap dengan entalpinya (untuk $T_g = 2.200^{\circ}\text{F} - 4.000^{\circ}\text{F}$).....	51
19. Gb.5.7.	Penampang lemari api.....	53
20. Gb.5.8.	Konstruksi dinding lemari api yang bersinggungan dengan udara luar.....	59
21. Gb.6.1.	<i>Basic long flow convection conductance, U_{cl}'</i>	67



22.	Gb.6.2.	<i>Effect of film temperature, t_f</i>	67
23.	Gb.6.3.	<i>Temperature factor, F_T</i>	67
24.	Gb.6.4.	Diagram Moody.....	71
25.	Gb.6.5.	Viskositas gas asap untuk berbagai variasi temperatur.....	72
26.	Gb.6.6.	Kekasaran relatif berbagai permukaan saluran	75
27.	Gb.6.7.	Dimensi <i>smoke box</i>	79
28.	Gb.6.8.	<i>Approximate mean specific heat, c_g, of flue gases</i>	79
29.	Gb.6.9.	Penampang <i>smoke box</i> tempat dipasang pipa-pipa api laluan kedua.....	83
30.	Gb.7.1.	Diameter ekonomis cerobong untuk beberapa harga aliran gas asap.....	90
31.	Gb.7.2.	Aproksimasi hubungan antara temperatur gas asap.....	91
32.	Gb.7.3.	Faktor gesekan di cerobong.....	95
33.	Gb.7.4.	Tinggi cerobong.....	95
34.	Gb.8.1.	Kemungkinan tangki terbelah.....	98
35.	Gb.8.2.	Kemungkinan tangki putus.....	100
36.	Gb.8.3.	Konstruksi dinding tangki.....	102
37.	Gb.8.4.	Konstruksi penyangga.....	105
38.	Gb.9.1.	<i>Superheater tipe "smoke box"</i>	109
39.	Gb.9.2.	<i>Superheater tipe "combustion chamber"</i>	110
40.	Gb.9.3.	<i>Bend loss for round pipe, in terms of velocity heads</i>	117
41.	Gb.10.1.	Efek dari kerak dan " <i>heat flux</i> " pada temperatur logam.....	119
42.	Gb.10.2.	Pelunakan air dengan zeolith.....	127
43.	Gb.10.3.	Skema instalasi pelunakan tukar ion.....	128
44.	Gb.11.1.	Hubungan temperatur minimal logam dengan kandungan S bahan bakar.....	131
45.	Gb.11.2.	<i>Pressure type deaerator</i>	133
46.	Gb.11.3.	Dimensi penampang <i>deaerator</i>	136



47. Gb.12.1. Dimensi pompa sekrup.....	144
48. Gb.12.2. Kurva karakteristik pompa sentrifugal.....	149
49. Gb.12.3. Hubungan putaran spesifik dengan jenis impeler pompa sentrifugal.....	151
50. Gb.12.4. Dimensi utama pompa sentrifugal.....	158
51. Gb.12.5. <i>Vertical spindle multi stage centrifugal feedwater pump</i>	159
52. Gb.13.1. Manometer Bourdon.....	161
53. Gb.13.2. <i>Double spring loaded safety vavle</i>	162
54. Gb.13.3. <i>Double plate glass water level indicator</i> ...	164
55. Gb.13.4. Peluit bahaya (<i>Peluit Black</i>).....	165
56. Gb.13.5. <i>Feedwater control valve</i>	167
57. Gb.13.6. Katup uap induk.....	168
58. Gb.13.7. <i>Separator jenis "Pan Type"</i>	170
59. Gb.13.8. <i>Rotary vane meter</i>	170
60. Gb.14.1. Tipe kurva karakteristik dari " <i>forward bladed fan</i> ".....	173
61. Gb.14.2. Dimensi fan.....	178
62. Gb.14.3. Segitiga kecepatan pada sisi keluar sudu...	182



DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1.	Karakteristik generator uap pipa-pipa api dan pipa-pipa air.....	13
2. Tabel 3.1.	<i>Excess air</i> pada pemakaian bahan bakar...	25
3. Tabel 3.2.	Prosentase oksigen dan nitrogen dalam udara kering.....	26
4. Tabel 3.3.	Komposisi gas asap hasil pembakaran setiap 100 lb bahan bakar.....	27
5. Tabel 3.4.	Energi Dalam (<i>Internal Energy</i>) dari Gas Ideal.....	31
6. Tabel 4.1.	Ukuran <i>burner</i>	36
7. Tabel 4.2.	Jenis dan kapasitas <i>burner</i>	37
8. Tabel 4.3.	Dimensi <i>burner</i>	38
9. Tabel 6.1.	Konduktivitas termal gas asap.....	79
10. Tabel 6.2.	Sifat-sifat zat cair jenuh.....	81
11. Tabel 7.1.	Hubungan antara material cerobong dan prosentase penurunan temperatur gas asap di dalam cerobong.....	91
12. Tabel 7.2.	Massa jenis gas asap pada 30 in Hg tekanan barometer.....	92
13. Tabel 9.1.	Kecepatan fluida optimum.....	113
14. Tabel 10.1.	Konduktivitas dari beberapa macam kerak yang umum pada generator uap.....	127
15. Tabel 11.1.	<i>Dimensions of circular segments</i>	138
16. Tabel 12.1.	Dimensi pompa sekrup.....	144
17. Tabel 12.2.	Hubungan Z_{thd} dengan tekanan pompa.....	147
18. Tabel 12.3.	Hubungan antara A dan η_{op} pada pompa sentrifugal.....	152
19. Tabel 12.4.	Hubungan antara ϕ_{lv} dan A_{lv}	156
20. Tabel 12.5.	Hubungan antara n_{sl} dan η_v	157



21. Tabel 12.6. Hubungan antara n_{si} dan β_2^0	157
22. Tabel 15.1. Hubungan sudut <i>damper</i> A dengan temperatur uap hasil.....	188
23. Tabel 15.2. Hubungan sudut <i>damper</i> B dengan temperatur uap hasil.....	190



DAFTAR NOTASI / LAMBANG

η_T	=	efisiensi termis generator uap
η_{op}	=	efisiensi pompa total
η_f	=	efisiensi fan
η_v	=	efisiensi volumetris
γ_w	=	berat jenis air
θ_{tw}	=	sudut twist
z	=	faktor ketebalan vane
ρ_{rt}	=	massa jenis uap rata-rata
\bar{v}_i	=	tegangan tarik yang sebenarnya
\bar{v}_i	=	tegangan tarik yang diijinkan
μ	=	viskositas gas asap
v	=	volume jenis
B	=	kapasitas <i>blowdown</i>
C_o	=	kecepatan cairan pada <i>inlet chamber impeller</i>
C_i	=	kecepatan radial cairan
d_{hub}	=	diameter hub impeler
d_{sh}	=	diameter poros pompa
d_{de}	=	diameter lingkaran dedendum
f	=	faktor keamanan (<i>safety factor</i>)
F	=	faktor konversi
G_g	=	debit gas asap per satuan luas penampang
H	=	<i>Head</i> pompa
H_T	=	entalpi gas asap pada tekanan konstan
H_{Tc}	=	entalpi gas asap pada temperatur pembakaran teoritis
M	=	batas konsentrasi padatan untuk tekanan kerja yang bersangkutan
N	=	tenaga untuk menggerakkan poros pompa
P	=	beban yang ditumpu oleh penyangga tangki generator uap
Q_{ud}	=	kebutuhan udara pembakar
Q_u	=	kalor untuk menguapkan air pada suhu didihnya



- Q_{sh} = kalor untuk menaikkan suhu uap jenuh hingga menjadi uap panas lanjut
- Q_d = kalor untuk menaikkan suhu air umpan hingga mencapai titik didihnya
- Q_{Gu} = kebutuhan kalor generator uap teoritis
- Q_{in} = kalor input generator uap
- R = konstanta udara
- T_g = temperatur gas asap
- T_c = temperatur pembakaran teoritis
- Z_{thd} = *number of leads of thread*
- V = volume total dapur
- W_u = kebutuhan udara pembakar
- W_f = kapasitas bahan bakar
- W_s = kapasitas uap hasil
- W_g = kapasitas aliran gas asap



49. Gb.12.3.	Hubungan putaran spesifik dengan jenis impeler pompa sentrifugal.....	151
50. Gb.12.4.	Dimensi utama pompa sentrifugal.....	159
51. Gb.12.5.	<i>Vertical spindle multi stage centrifugal feedwater pump</i>	159
52. Gb.13.1.	Manometer Bourdon.....	161
53. Gb.13.2.	<i>Double spring loaded safety valve</i>	162
54. Gb.13.3.	<i>Double plate glass water level indicator</i> ...	164
55. Gb.13.4.	Peluit bahaya (<i>Peluit Black</i>).....	165
56. Gb.13.5.	<i>Feedwater control valve</i>	167
57. Gb.13.6.	Katup uap induk.....	168
58. Gb.13.7.	<i>Separator jenis "Pan Type"</i>	170
59. Gb.13.8.	<i>Rotary vane meter</i>	170
60. Gb.14.1.	Tipe kurva karakteristik dari " <i>forward bladed fan</i> ".....	173
61. Gb.14.2.	Dimensi fan.....	178
62. Gb.14.3.	Segitiga kecepatan pada sisi keluar sudu...	182