



UNIVERSITAS
GADJAH MADA

NASKAH SOAL TUGAS AKHIR

Mata Kuliah : Generator Uap dan Gas.

Nama Mahasiswa : Gunar Wiji Seno

Nomor Mahasiswa : 97/118112/TK/22300

Nomor PERSOALAN : TKM / 536T / I/99/2000 / II / SK / 25.11 / 1999.

Buatlah desain lengkap suatu generator uap jenis pipa air yang diharapkan memenuhi spesifikasi berikut :

Tekanan	: 95 kg/cm ²
Daya	: 67.5 MW
Kapasitas uap	: 275 t/jam.
Temperatur uap	: 530 °C.
Bahan bakar	: batubara.

Diharapkan rancangan menggunakan program berbasis komputer. Rancangan juga dilengkapi dengan peralatan keselamatan dan keamanan untuk pengoperasian.

Bentuk dasar rancangan diperkirakan sebagai terlampir.

Berdasarkan rancangan tersebut buatlah.

- Simulasi unjuk kerja generator uap tersebut untuk variasi beban + 20% (diharapkan keluaran hubungan Temperatur gas panas terhadap Kalor yang diserap pada tiap elemen generator uap tersebut untuk variasi beban tersebut).
- Simulasi unjuk kerja generator uap tersebut untuk variasi udara lebih + 10% (diharapkan keluaran hubungan efisiensi generator uap terhadap variasi beban)

Yogyakarta, 25 Nopember 19 99

Dosen Pembimbing

Ir. SAMSUL KAMAL, M.Sc., Ph.D.

Perencanaan generator ini dimulai dengan memberikan pengertian dan prinsip dasar sebuah generator uap. Generator uap yang direncanakan adalah generator uap pipa air bertekanan 95 kg/cm², daya 67,5 MWe, kapasitas uap 275 ton/jam temperatur uap 530°C dengan bahan bakar serbuk batu bara. Perencanaan yang dilakukan ditekankan pada bagian-bagian pokok dari sebuah generator uap yang berkaitan dengan proses penyerapan kalor.

Dengan keluaran daya dalam MW listrik, dan penggunaan uap ekstraksi dari turbin untuk menaikkan temperatur air masuk ekonomiser maka sistem pembangkit tenaga dengan siklus Rankinenya dibahas sederhana untuk memberikan alur pemahaman yang jelas akan keterkaitan generator uap sebagai sebuah sub system. Effisiensi pembangkit tenaga diharapkan 37 % dan dengan air isian masuk ekonomiser pada 420,35 °F didapat efisiensi thermal siklus Rankine 37,5 %.

Pembahasan selanjutnya masuk ke dalam bagian-bagian generator uap secara lebih spesifik. Pendidihan dilakukan di dua tempat yaitu di dapur dengan memakai system pendinginan pipa yang melingkupi dinding dapur (*full water cooled*) dan di pendidih konveksi yang menghubungkan drum atas dan drum bawah. Pemanas lanjutan uap di lakukan di dua jenis superheater yaitu superheater radiasi dan superheater konveksi aliran berlawanan. Pada perencanaan ini juga digunakan, ekonomiser untuk memanaskan air sampai temperatur jenuhnya, dan pemanas udara untuk memanaskan udara pembakaran. Untuk sistem tarikan gas asap digunakan cerobong dengan dibantu Fan penghembus dan Fan penghisap.

Perhitungan iterasi untuk mendapatkan bagian-bagian pokok penyerap kalor di atas secara perbagian dan keseluruhan dilakukan dan didasarkan pada program komputer, yang kemudian disimulasikan untuk perubahan beban dan perubahan faktor udara berlebih. Program komputer yang digunakan adalah Delphi sedangkan simulasinya didasarkan pada beban 100 % dan faktor udara berlebih 20 %.

Halaman judul	i
Halaman pengesahan	ii
Motto	iii
Halaman persembahan	iv
Kata pengantar	v
Halaman soal	vii
Intisari	viii
Daftar isi	ix
Daftar gambar	xv
Daftar tabel	xviii
BAB I. Pendahuluan	1
1.1. Pengertian	1
1.2. Klasifikasi Generator Uap	4
1.2.1. Generator Uap Lorong Api	5
1.2.2. Generator Uap Pipa-pipa Api	6
1.2.3. Generator Uap Pipa-pipa Air	7
1.3. Bagian-bagian Generator Uap	7
1.4. Sirkulasi Air Isian	10
BAB II. Dasar Perencanaan	12
2.1. Pemilihan Generator Uap	13
2.2. Sistem Pembangkit Tenaga	13
2.2.1. Perencanaan Proses pada Sistem Pembangkit Tenaga	14
2.2.2. Perpindahan Kalor Sistem Pembangkit	15
2.2.3. Kebutuhan Suply Kalor Generator Uap	26
2.3. Perencanaan Proses pada Generator Uap	27
2.4. Perencanaan Sirkulasi Air Isian	28



BAB III. Pembakaran	29
3.1. Pemilihan Bahan Bakar	29
3.1.1. Komposisi Bahan Bakar	30
3.1.2. Nilai Kalor Bahan Bakar	31
3.2. Perhitungan Pembakaran	31
3.2.1. Kondisi Input dari Test atau Spesifikasi	32
3.2.2. Perhitungan Gas Pembakaran	34
3.2.3. Perhitungan Effisiensi	36
3.2.4. Parameter Unjuk Kerja	38
3.3. Produk Pembakaran	40
BAB IV. Dapur dan Pipa-pipa Didih Radiasi	42
4.1. Dapur	42
4.1.1. Perencanaan Bentuk dan Dimensi Dapur	43
4.1.2. Temperatur Gas Keluar Dapur	45
4.2. Pipa-pipa Didih Radiasi	46
4.2.1. Perencanaan Pipa-pipa Didih Radiasi	46
4.2.2. Penyerapan Kalor Radiasi	47
4.2.3. Kecepatan Aliran dalam Pipa	52
4.2.4. Pemilihan Bahan Pipa-pipa Didih Radiasi	54
4.3. Konstruksi dan Rugi Kalor Dinding	55
BAB V. Superheater	58
5.1. Perencanaan Superheater	58
5.2. Superheater Radiasi	59
5.2.1. Kebutuhan Kalor	59
5.2.2. Perencanaan Pipa-pipa Superheater Radiasi	60
5.2.3. Perpindahan Kalor pada Superheater Radiasi	60
5.2.4. Kecepatan Uap dalam pipa	63
5.2.5. Pemilihan Bahan Pipa-pipa Superheater Radiasi	64
5.3. Superheater Konveksi	65
5.3.1. Kebutuhan Kalor	65

5.3.2. Perencanaan Pipa-pipa Superheater Konveksi	65
5.3.3. Perpindahan Kalor pada Superheater Konveksi	66
5.3.4. Kecepatan Uap dalam pipa	77
5.3.5. Pemilihan Bahan Pipa-pipa Superheater Konveksi	78
5.3.6. Kerugian kalor lewat dinding	79
5.4. Penyerapan Kalor Pipa-pipa Didih Lanjutan	81
5.5. Temperatur gas asap meninggalkan Superheater Konveksi	82
BAB VI. Pendidih Konveksi	84
6.1. Kebutuhan Kalor	84
6.2. Perencanaan Pipa-pipa Didih Konveksi	85
6.3. Perpindahan Kalor pada Pipa-pipa Didih Konveksi	85
6.4. Kecepatan Aliran dalam Pipa	89
6.5. Pemilihan Bahan Pipa-pipa Didih Konveksi	90
6.6. Konstruksi dan Rugi Kalor Dinding	91
6.7. Temperatur gas asap meninggalkan Pendidih Konveksi	93
BAB VII. Cavity	95
7.1. Perencanaan Cavity	95
7.2. Perpindahan Kalor dalam Cavity	96
7.3. Konstruksi dan Rugi Kalor Dinding Cavity	99
7.4. Temperatur Gas asap Keluar Cavity	101
BAB VIII. Ekonomiser	103
8.1. Kebutuhan Kalor	103
8.2. Perencanaan Pipa-pipa Ekonomiser	104
8.3. Perpindahan Kalor Ekonomiser	105
8.4. Kecepatan Air dalam Pipa	109
8.5. Pemilihan Bahan Pipa-pipa Ekonomiser	110
8.6. Konstruksi dan Rugi Kalor Dinding Ekonomiser	110
8.7. Temperatur Gas Asap Keluar Ekonomiser	113
BAB IX. PEMANAS UDARA	114
9.1. Kebutuhan Kalor	115



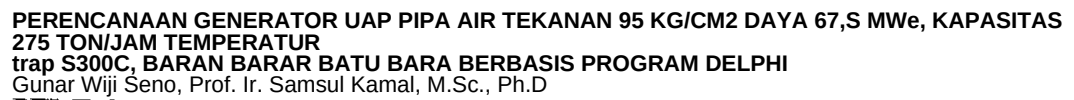
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

PERENCANAAN GENERATOR UAP PIPA AIR TEKANAN 95 KG/CM² DAYA 67,5 MWe, KAPASITAS
275 TON/JAM TEMPERATUR
trap S300C, BARAN BARAR BATU BARA BERBASIS PROGRAM DELPHI
Gunar Wiji Seno, Prof. Ir. Samsul Kamal, M.Sc., Ph.D

9.2 Perencanaan Pemanas Udara	116
9.3. Perpindahan Kalor Pemanas Udara	117
9.4. Kecepatan Udara dan Gas Asap dalam Pemanas Udara	123
9.5. Konstruksi dan Rugi Kalor Dinding	125
9.6. Temperatur Gas Asap Keluar Pemanas Udara	127
BAB X. DRUM, HEADER DAN PENURUNAN TEKANAN	129
10.1. Perencanaan Drum	129
10.1.1. Drum Atas	129
10.1.2. Drum Bawah	130
10.2. Perencanaan Header	131
10.2.1. Header Pendidih Radiasi	131
10.2.2. Header Superheater Radiasi	132
10.2.2.1. Header dengan arah tegak	132
10.2.2.2. Header dengan arah memanjang	132
10.2.3. Header Superheater Konveksi	133
10.2.4. Header Ekonomiser	134
10.3. Penurunan Tekanan Uap	134
10.3.1. Penurunan Tekanan Uap pada Superheater Radiasi	135
10.3.1.1. Penurunan tekanan uap dari drum atas ke header dengan arah tegak	135
10.3.1.2. Penurunan tekanan uap header dengan arah tegak ke header memanjang	137
10.3.2. Penurunan Tekanan Uap pada Superheater Konveksi	138
10.3.2.1. Penurunan tekanan uap keluar header superheater radiasi ke header masuk superheater konveksi	138
10.3.2.2. Penurunan tekanan uap dari header inlet ke header outlet	139
10.4. Penurunan tekanan air pada ekonomiser	140
10.4.1. Penurunan tekanan air dari header inlet ke header outlet	140
10.4.2. Penurunan tekanan air statis	141



BAB XI. SISTEM TARIKAN	142
11.1. Kerugian Tarikan Gas Asap	142
11.1.1. Kerugian tarikan gas asap pada superheater konveksi	143
11.1.2. Kerugian tarikan gas asap pada pipa-pipa didih konveksi	143
11.1.3. Kerugian tarikan gas asap pada ekonomiser	144
11.1.4. Kerugian tekanan gas asap pada pemanas udara	145
11.2. Perencanaan Cerobong	146
11.3. Perencanaan Fan Penghisap Gas Asap	149
11.4. Perencanaan Fan Penghembus Udara	155
11.5. Perencanaan Fan Primer	161
BAB XII. PERALATAN KELENGKAPAN	165
12.1. Manometer	165
12.2. Katup Pengaman (Safety Valve)	166
12.3. Garis Api	167
12.4. Gelas Penduga	168
12.5. Peluit Bahaya (Alarm)	169
12.6. Prop Timah (Fusible Pulg)	170
12.7. Katup Air Umpan	171
12.8. Katup Uap	171
12.9. Katup Blow Down	171
BAB XIII. OPERASI DAN PERAWATAN	174
13.1. Pengoperasian Generator Uap	174
13.1.1. Menghidupkan Generator Uap	175
13.1.2. Mematikan Generator Uap	176
13.2. Perawatan Generator Uap	177
13.2.1. Program Perawatan	177
13.2.2. Perawatan Rutin dalam Operasi	178
13.2.3. Perawatan Rutin di luar Operasi	181
13.2.4. Penanganan Peralatan yang tidak beroperasi	182



Universitas Gadjah Mada 2000 | <http://eprints.dpp.ugm.ac.id/etd.repository.ugm.ac.id/>

xiv

Gambar 1.1. Skema dasar generator uap	2
Gambar 1.2. Diagram T-s pemanasan air tekanan konstan	3
Gambar 1.3. Pipa-pipa pendidih	8
Gambar 1.4. Sirkulasi air pada generator uap	11
Gambar 2.1. Skema dasar sistem pembangkit	14
Gambar 2.2. Skema perencanaan sistem pembangkit tenaga	15
Gambar 2.3. Diagram T-s sistem pembangkit	16
Gambar 2.4. Perencanaan dasar generator uap	26
Gambar 3.1. Kerugian kalor radiasi	38
Gambar 4.1. Bentuk dan dimensi dapur	44
Gambar 4.2. Faktor efektifitas dinding dapur	46
Gambar 4.3. Temperatur gas asap keluar dapur	47
Gambar 4.4. Emisifitas uap air pada tekanan total 1 atm	50
Gambar 4.5. Emisifitas karbon dioksida pada tekanan total 1 atm	51
Gambar 4.6. Faktor koreksi perpindahan kalor radiasi untuk campuran	52
Gambar 4.7. Konstruksi dinding dapur	55
Gambar 5.1. Karakteristik temperatur uap pada superheater	59
Gambar 5.2. Design rencana superheater radiasi	61
Gambar 5.3. Skema rencana superheater konveksi counterflow	66
Gambar 5.4. Faktor efektifitas penampang keluar gas asap	67
Gambar 5.5. Beda temperatur logaritma rerata untuk variasi konfigurasi	68
Gambar 5.6. Faktor sifat-sifat gas	70
Gambar 5.7. Faktor dasar geometri dan kecepatan konveksi crossflow	71
Gambar 5.8. Faktor sifat-sifat fisik aliran berlawanan	72
Gambar 5.9. Faktor kedalaman perpindahan panas	72
Gambar 5.10. Koefisien dasar perpindahan kalor radiasi	73
Gambar 5.11. Panjang radiasi rerata untuk variasi diameter dan spasi	74



Gambar 5.12. Faktor bahan bakar	74
Gambar 5.13. Faktor dasar geometri dan kecepatan konveksi untuk aliran longitudinal	75
Gambar 5.14. Faktor sifat-sifat fisik aliran longitudinal	76
Gambar 5.15. Faktor temperatur	76
Gambar 5.16. Konstruksi dinding superheater konveksi	80
Gambar 5.17. Kalor spesifik rerata gas asap	83
Gambar 6.1. Skema pipa-pipa didih konveksi	84
Gambar 6.2. Konstruksi dinding didih konveksi	91
Gambar 7.1. Bentuk dan dimensi cavity	96
Gambar 7.2. Konstruksi dinding cavity	99
Gambar 8.1. Skema susunan pipa-pipa ekonomiser	107
Gambar 8.2. Konstruksi dinding ekonomiser	111
Gambar 9.1. Kalor spesifik udara rerata	116
Gambar 9.2. Skema konstruksi pemanas udara	117
Gambar 9.3. Faktor sifat-sifat fisik gas aliran longitudinal	120
Gambar 9.4. Faktor sifat-sifat fisik untuk udara aliran berlawanan	122
Gambar 9.5. Konstruksi dinding pemanas udara	125
Gambar 10.1. Kekasaran relatif untuk bermacam permukaan	136
Gambar 10.2. Kerugian head kecepatan dalam belokan pipa	137
Gambar 11.1 Faktor gesekan untuk pipa-pipa sejajar	144
Gambar 11.2. Faktor kedalaman kerugian tarikan gas asap	145
Gambar 11.3. Tinggi cerobong untuk range tarikan cerobong dan temperatur gas rerata	148
Gambar 11.4. Skema perencanaan sistem tarikan	149
Gambar 11.5. Viskositas absolut gas pada tekanan atmosfer	152
Gambar 11.6. Faktor kerugian pembesaran saluran untuk bermacam sudut	157
Gambar 11.7. Faktor kerugian kontraksi saluran untuk $\beta > 30^\circ$	158
Gambar 12.1 Manometer	166
Gambar 12.2. Katup pengaman	167



Gambar 12.3. Galas pandang	168
Gambar 12.4. Peluit bahaya	169
Gambar 12.5 Prop timah	170
Gambar 12.6. Katup air umpan	171
Gambar 12.7. Katup uap	172
Gambar 12.8. Katup blow down	173

Tabel 3.1. Kebutuhan udara berlebih	32
Tabel 3.2. Komposisi gas asap hasil pembakaran	41
Tabel 4.1. Emisifitas normal permukaan bahan pipa	49
Tabel 4.2. Kecepatan umum dalam sistem pembangkit uap	53
Tabel 9.1. Sifat-sifat fisik dari bermacam gas	124
Tabel 11.1. Stack effect pada temperatur gas asap	150
Tabel 11.2. Efisiensi mekanis fan dan faktor kompresibilitas	154
Tabel 11.3. Volume spesifik gas pada tekanan atmosfer	155