

ANALISA RUANG BAKAR TURBIN GAS PADA PEMBANGKIT LISTRIK

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

**OLEH :
JUSUF GANDI LUMBAN TOBING
08 813 0024**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2012**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
ABSTRAK	xi
BAB I.PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	4
1.3 Tujuan penulisan.....	4
1.4 Sistematika penulisan.....	5
BAB II.TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Ruang bakar.....	6
2.2 Komponen – komponen yang mendukung ruang bakar ...	12
2.2.1 Pressure Jacket	13
2.2.2 Internal parts.....	14
2.2.3 Burner assembly	16
2.2.4 Air Mixing Adjusment	18
2.2.5 Manhole with inspecting tube	19

ANALISA RUANG BAKAR TURBIN GAS PADA PEMBANGKIT LISTRIK

TUGAS AKHIR

Oleh :

NAMA : JUSUF GANDI LUMBAN TOBING
NIM : 08.813.0024
JURUSAN : TEKNIK MESIN

Disetujui :

Pembimbing I,


Ir. H. Amirnyam Nst, MT

Pembimbing II,


Ir. Husin Ibrahim, MT

Mengetahui :



Dekan,


Ir. Hj. Hariza A. Susanto, MT



Ka. Program Studi,


Ir. H. Amru Siregar, MT

Tanggal Lulus :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23



2.3.1 Ruang bakar tubular	22
2.3.2 Ruang bakar annular.....	23
2.3.3 Ruang bakar tubo-annular	24
2.4. Bahan bakar	25
2.4.1 Bahan bakar minyak.....	27
2.4.2 Bahan bakar gas	28
2.5. Perpindahan Panas	29
2.6. Siklus Kerja Turbin Gas	32
2.6.1 Siklus terbuka.....	32
2.6.2 Siklus tertutup	33
a. Kompresor	35
b. Pembakaran	36
c. kerja turbin	37
d. Perbandingan kerja balik (Back Working Ratio) (BWR) :	37
e. Laju aliran massa	38
2.7. Spesifikasi peralatan PLTG.....	39
BAB III. METODE ANALISA	41
3.1 Tempat dan Waktu	41
3.2 Diagram konsep analisa	42
3.3 Jadwal penelitian	43
BAB IV. ANALISA RUANG BAKAR	44
4.1 Siklus Bryton Ideal.....	44

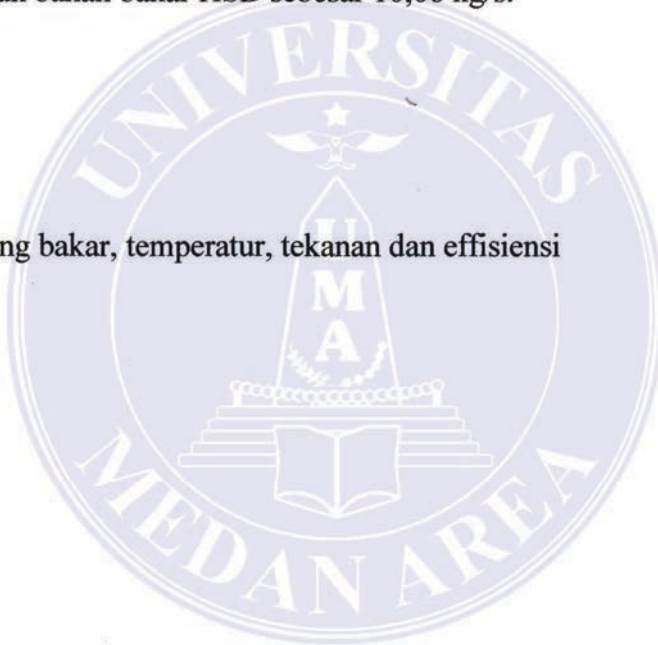
4.2 Perhitungan temperatur, efisiensi pembakaran dan laju aliran massa.....	45
a. Kompresor	46
b. Ruang bakar.....	46
c. Efisiensi kompresor	47
d. Efisiensi turbin	47
e. Daya turbin.....	48
f. Daya Kompresor	48
g. Panas masuk ruang bakar adalah.....	48
h. Efisiensi pembakaran.....	49
i. Laju aliran massa	49
j. Stokiometri.....	50
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	55
KONVERSI SATUAN	58

ABSTRAK

Ruang bakar adalah ruangan tempat terjadinya proses pembakaran. Turbin gas umumnya mempunyai combustion chamber yang sangat dibutuhkan dalam instalasi pembangkit daya.

Dalam tulisan ini dilakukan analisa besar temperatur dan tekanan yang terjadi di ruang bakar. Pada kesempatan ini penulis memaparkan hasil penelitian tentang analisa tekanan, temperatur, efisiensi dan laju aliran bahan bakar. Jenis ruang bakar yang dianalisa adalah jenis ruang bakar V.94,2 SIEMENS TUBULAR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur sebelum masuk ruang bakar adalah 319 K, dengan tekanan 10 bar, dan temperatur di ruang bakar adalah 1492,8 K dengan tekanan 10 bar. Bahan bakar HSD dan Gas. Konsumsi bahan bakar untuk bahan bakar HSD sebesar 10,08 kg/s.

Kata kunci :Ruang bakar, temperatur, tekanan dan efisiensi

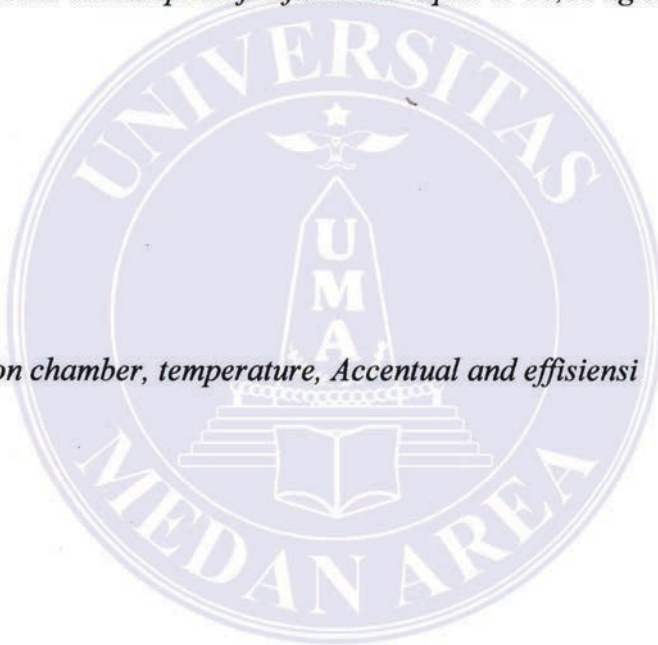


ABSTRAC

Combustion chamber is room of place of the happening of baking process. Gas turbine generally have combustion chamber which hardly required in power generator installation.

In this article done by temperature large analysis and accentual happened in combustion chamber. At this opportunity of writer explain research result concerning accentual analysis, temperature, efisiensi and speed of fuel flow. Combustion chamber type which analysed is combustion chamber type V.94,2 SIEMENS TUBULAR. Research result indicate that temperature before combustion chamber admission is 319 K, with dividing valve of 10 bar, and temperature in combustion chamber is 1492,8 K with dividing valve of 10 bar. Fuel HSD and Gas. Fuel consumption for fuel HSD equal to 10,08 kg/s.

Keyword: combustion chamber, temperature, Accentual and efisiensi

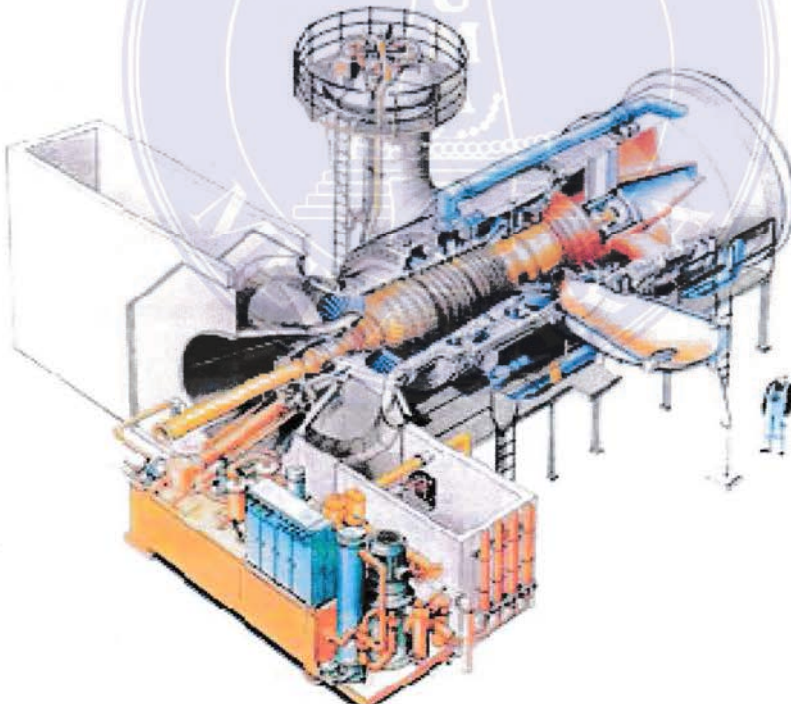


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam instalasi turbin gas untuk PLTG terdapat ruang bakar, ruang bakar yang berfungsi tempat pembakaran bahan bakar. Perlu ketahui didalam ruang bakar di butuhkan perhitungan analisa termodinamika dan perhitungan ini digunakan untuk meningkatkan efisiensi. Dalam penelitian ini akan disimulasikan kondisi pada ruang bakar turbin gas untuk menghindari kegagalan yang sering terjadi karena pengaruh aliran fluida kerja pada tekanan dan temperatur yang tinggi dari turbin gas.



Gambar 1.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas.



Dalam sebuah pembangkit tenaga energi dirubah dari energi yang rendah ke energi yang lebih tinggi. Energi yang masuk berupa bahan bakar yang mudah disimpan tapi penggunaannya dalam bentuk merata. Bahan bakarnya mengandung energi kimia. Energi yang keluar adalah dalam bentuk energi listrik. Arus listrik mempunyai sifat yang mudah dialirkan, mudah dikontrol dan mudah digunakan pada setiap instansi yang mempergunakan energi.

Perubahan energi kimia menjadi energi listrik mengikuti tahap tahap sebagai berikut:

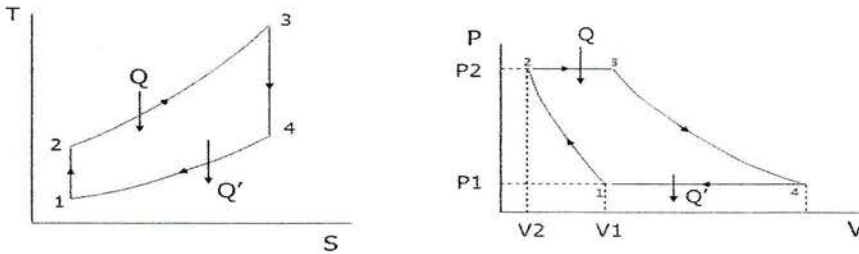
1. Energi kimia dirubah menjadi energi panas dalam bentuk aliran melalui media panas
2. Panas ditransformasikan menjadi energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran porosnya
3. Energi mekanik digunakan untuk menggerakkan rotor generator yang kemudian diubah menjadi energi listrik.
4. Kemudian dari energi listrik akan disuplai kepada konsumen

Siklus ideal untuk kerja turbin gas adalah siklus brayton. Siklus ini terdiri atas dua proses adiabatik maupun balik menjadi isentropik dan dua proses tekanan tetap. Udara atmosfer dikompresikan oleh kompresor sehingga terjadi perubahan tekanan dari P_1 ke P_2 dan kemudian mengalirkannya keruang bakar dimana didalamnya diinjeksikan bahan bakar sehingga dengan adanya suhu dan tekanan ruang bakar maka terjadilah pembakaran. Pembakaran terjadi pada tekanan

UNIVERSITAS MEDAN AREA Pembangkit turbin gas yang sesuai dengan siklus bayton

dapat dilihat pada gambar 1.3 dibawah ini:

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area



Gambar 1.2 Skema sistem gas turbin sederhana.

Siklus T – S :

- 1-2 = Udara luar dihisap dan ditekan didalam kompresor, menghasilkan udara bertekanan. (Proses Adiabatis Isentropis). Langkah Kompresi.
- 2-3 = Udara bertekanan dari kompresor dicampur dengan bahan bakar, terjadi reaksi pembakaran yang menghasilkan gas panas Pembakaran di Ruang bakar (proses Isobar). Langkah Pemberian panas
- 3-4 = Gas panas hasil pembakaran dialirkan untuk memutar turbin. Proses Langkah Ekspansi.
- 4-1 = Pembuangan gas bekas ke atmosfer. (proses isobar). Langkah Pembuangan.

Siklus P – V :

- 1-2 = Volume Berkurang, Tekanan Naik.
- 2-3 = Tekanan Tetap, Volume Naik.
- 3-4 = Tekanan Turun, Volume Naik.
- 4-1 = Tekanan Turun, Volume Turun.

UNIVERSITAS MEDAN AREA menjelaskan diatas tentang ruang bakar, maka penulis

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

mencoba menganalisa ruang bakar turbin gas sebagai aplikasi penggerak turbin

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

untuk sebuah pembangkit listrik dengan judul: ***“Analisa Ruang Bakar Turbin Gas Pada Pembangkit Listrik”***.

1.2 Rumusan Masalah

Karena terlalu luas permasalahan yang dapat diteliti pada ruang bakar turbin gas ini, maka perlu dirumuskan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, penulis hanya membahas efisiensi ruang bakar, konsumsi bahan bakar, besar tekanan serta besar temperatur yang terjadi diruang bakar yang akan mempengaruhi putaran turbin dan daya listrik.

1.3 Batasan Masalah

Masalah yang akan dibahas pada Tugas sarjana ini dibatasi pada masalah yang berkaitan dengan ruang bakar turbin gas untuk skala industri, hal ini erat kaitannya dengan pemakaian bahan bakar yang harus terbakar semaksimal mungkin dan hasil ekspansi gas panas di ruang bakar untuk menggerakkan sudu-sudu turbin, yang merupakan salah satu faktor yang terpenting untuk mendapatkan efisiensi daya turbin.

1.4 Tujuan Analisa

Tujuan penelitian tugas sarjana ini adalah untuk:

- a. Mengetahui proses pembakaran diruang bakar beserta komponen - komponen ruang bakar

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 b. Mengetahui besar tekanan yang terjadi diruang bakar

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber.

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

1.5 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan tugas sarjana ini terdiri dari beberapa bab dan setiap bab terdiri dari beberapa sub bab, uraian dan laporan tugas sarjana ini secara sistematis.

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan analisa dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tentang ruang bakar.

BAB III: METODE ANALISA

Bab ini menjelaskan tentang tempat,waktu, diagram konsep analisa dan jadwal penelitian.

BAB IV: ANALISA RUANG BAKAR

Bab ini membahas tentang analisa tekanan, efisiensi ruang bakar, konsumsi bahan bakar yang dipergunakan dan temperatur ruang bakar.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan tentang kesimpulan dan saran dari pembahasan sebelumnya.

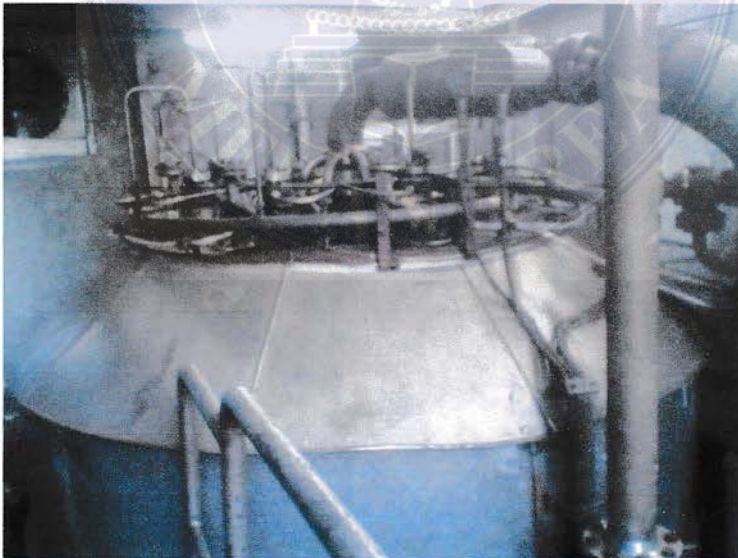
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ruang bakar

Ruang bakar adalah tempat terjadinya proses pembakaran yaitu proses pemasukan kalor yang diharapkan terjadi pada tekanan konstan dan menghasilkan gas pembakaran yang bertemperatur tinggi. Anggapan proses pembakaran terjadi pada tekanan konstan dapat diterima selama bilangan Match, dari aliran gas didalam ruang bakar cukup rendah. Udara dari kompresor masuk kedalam ruang bakar dimana bahan bakar disemprotkan kedalam arus udara sehingga pembakaran. Proses pembakaran terjadi secara kontiniu.

Ruang bakar turbin gas pembangkit energi listrik dapat beroperasi kontiniu dalam jangka waktu yang cukup lama. ($\pm 11,4$ tahun).



Gambar 2.1 Ruang bakar turbin gas pembangkit listrik.

Beberapa kriteria yang harus dipenuhi oleh suatu ruang bakar turbin gas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

secara umum adalah

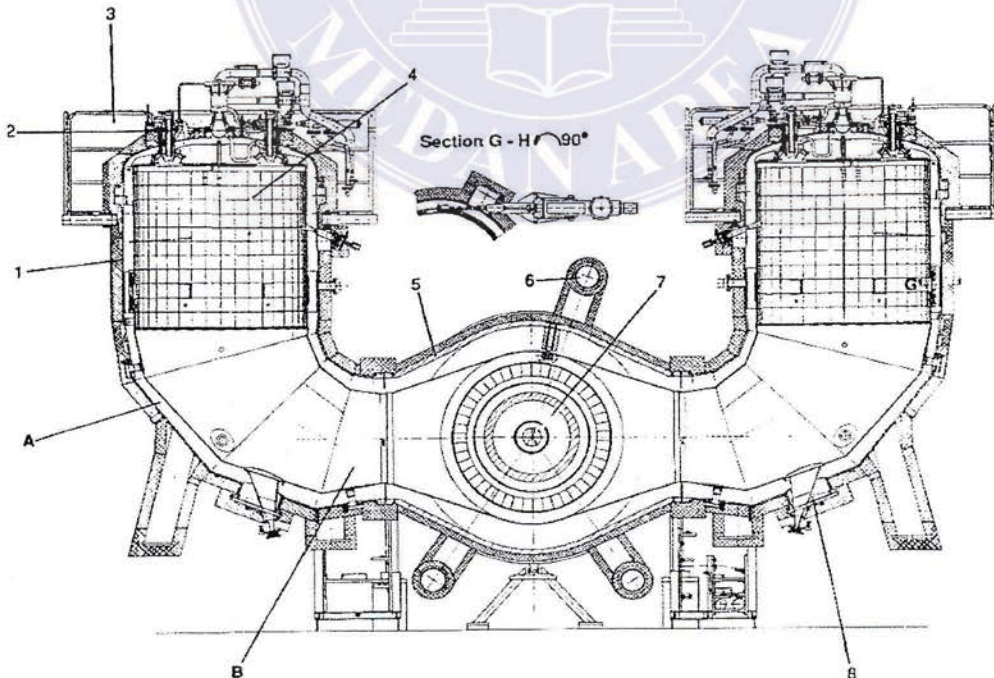
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 7/12/23

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

- a. Efisiensi pembakaran tinggi (bahan bakar harus terbakar sempurna sehingga semua energi kimia dapat dikonversikan menjadi energi kalor).
- b. Daerah stabilitas pembakaran yang luas (nyala Api tidak akan padam dalam daerah tekanan dan kecepatan).
- c. Sistem penyalaan yang baik khususnya pada temperatur yang rendah.
- d. Memiliki kestabilan yang baik, artinya pembakaran harus tetap berlangsung pada tekanan, kecepatan dan perbandingan udara yang bervariasi.
- e. Kerugian tekanan rendah, biaya produksi dan perawatan minimal.
- f. Emisi asap, bahan bakar yang tidak terbakar dan polutan gas rendah.
- g. Mampu beroperasi untuk jenis bahan bakar yang bervariasi
- h. Daya tahan dan umur tinggi

Adapun susunan ruang bakar unit turbin gas seperti gambar 2.2 :



Keterangan gambar :

1. Selubung tekanan (pressure shell)
2. Kombinasi pembakaran (burner combustion)
3. Lokasi inspeksi (platform include railing)
4. Tabung api (flane tube)
5. Selubung turbin (turbin casing)
6. Pipa-pipa buangan (blow –off pipes)
7. Lubang orang(man hole)
 - A. Ruang saluran udara (annular space for combustion air supply)
 - B. Saluran gas hasil pembakaran (hot gas duct)

Pada suatu instalasi ruang bakar dapat terdiri dari beberapa bagian, diantaranya adalah:

a. *Ruang Bakar Pembakaran (combustion chamber)*

Merupakan tempat terjadinya seluruh proses pembakaran. Pada turbin ini terdapat 10 buah combustion can yang saling berhubungan.

b. *Tabung Api Silang (cross fire tube)*

Merupakan penghubung antara can dan juga bagian combustion liner. Fungsi alat ini adalah meratakan pembakaran keseluruhan ruang bakar. Komponen ini diperlukan karena sumber terjadinya pembakaran hanya dari dua buah ruang bakar yang memiliki spark plug.

c. *Ruang bakar utama (combustion liner)*

Merupakan komponen yang terdapat didalam combustion can.

tempat dimana bahan bakar dan udara dicampur dan juga merupakan tempat terjadinya pembakaran yang sesungguhnya. Bagian ini memiliki sirip- sirip sebagai saluran masuknya udara ke dalam combustion can dan juga berfungsi untuk mendinginkan combustion liner itu sendiri.

d. *Pelindung ruang bakar (combustion can cover)*

Merupakan komponen penutup bagian combustion can dan bagian ini juga sebagai tempat dudukan fuel nozzle

e. *Pematik nyala api (spark plug/ignitor)*

Merupakan komponen yang berfungsi sebagai alat pematik untuk membakar campuran udara dan bahan bakar pada waktu start pertama turbin gas. Spark plug ini didesain sedemikian rupa (dengan menggunakan system pegas) sehingga timbul pembakaran pada waktu start plug akan keluar dari zona pembakaran.

f. *Remofal of flame detector (Remofal detektor nyala api)*

Merupakan komponen yang berfungsi untuk mendeteksi apakah pembakaran yang terjadi sudah merata diseluruh ruang bakar

g. *Nozel dan Selang Bahan Bakar (fuel Nozzle & pigtails)*

Merupakan komponen yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar gas kedalam combustion liner dan bercampur dengan udara. Sedangkan pigtails (gas Fuel lines) adalah pipa yang menghubungkan saluran bahan bakar gas dengan fuel nozzle.

h. *Bagian Transisi (transition pieces)*

UNIVERSITAS MEDAN AREA

Merupakan komponen yang digunakan untuk mengarahkan udara

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

dengan kecepatan tinggi yang dihasilkan pada combustion section. Pada transition pieces ini terjadi penurunan temperature, sehingga dicapai temperature udara yang diinginkan sebelum udara yang diinginkan tersebut masuk ke dalam nozzle tingkat pertama. Transition piece juga berfungsi sebagai nozzle, bila dilihat dari konstruksinya seperti saluran yang ujungnya berbentuk konvergen. Daerah pembakaran dapat dibagi menjadi 3 zona, yaitu:

a. Zona utama (primary zone)

Primary zone adalah daerah di mana udara berdifusi dengan udara dari kompresor untuk membentuk campuran udara dan bahan bakar yang siap terbakar, juga tempat di mana bahan bakar di sulut oleh spark plug.

b. Zona kedua (secondary zone)

Secondary zone adalah daerah di mana penyempurnaan bahan bakar sebagai kelanjutan pembakaran pada primary zone.

c. Zona reduksi temperatur (dilution zone)

Dilution zone adalah daerah mereduksi temperatur dari gas hasil pembakaran kepada keadaan yang diinginkan pada saat memasuki first stage nozzle.

Pada setiap gas turbin, energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar harus terlebih dahulu diubah menjadi energi panas. Kemudian panas yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

dihasilkan dari perubahan energi kimia tersebut di konversikan menjadi energi

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

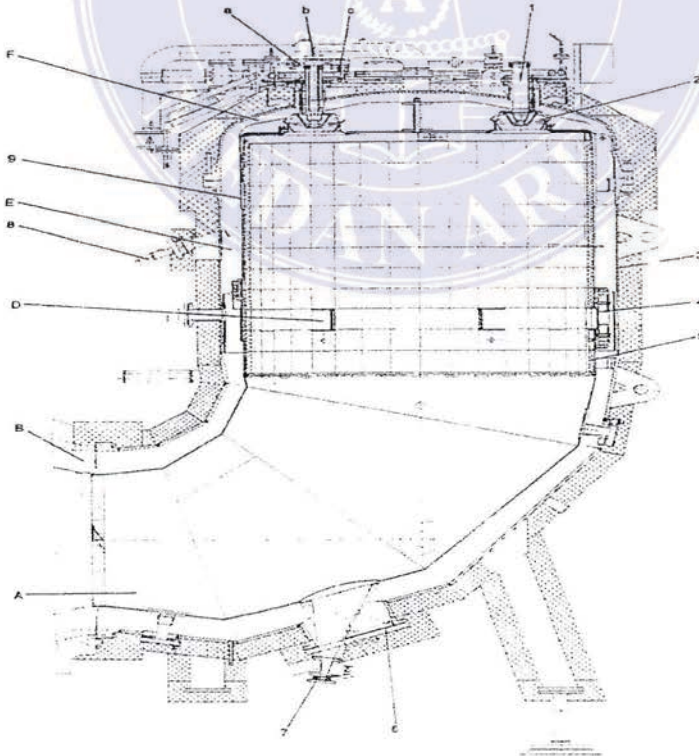
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

mekanik pada turbin. Energi mekanik yang dihasilkan turbin digunakan untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik.

Proses perubahan energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar menjadi energi panas berlangsung di ruang pembakaran yang disebut dengan combustion chamber. Dua buah combustion chamber terletak pada posisi vertikal yang berada di kedua sisi turbin dan disambungkan ke lateral flanges pada casing turbin.

Desain ini memungkinkan udara bertekanan yang berasal dari kompresor terkumpul ke combustion chambers dan dari combustion chamber ke turbin. Udara bertekanan dari kompresor mengalir melalui rongga udara panas yang terdapat diantara pressure jacket dan inner casing. Udara panas tersebut menjadi udara primer untuk pasokan ke combustion chamber dalam proses pembakaran.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Gambar 2.3 Susunan ruang bakar unit turbin gas

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

Keterangan :

1. Burner Assembly (pemasangan pembakaran)
2. Diagonal Swirler (sudut putar)
3. Pressure Jacket (selubung tekanan)
4. Adjusting Ring (ring pengatur)
5. Internal Parts (bagian luar pembakaran)
6. Manhole (lubang orang)
7. Inspecting Tube (pemeriksa pipa)
8. Flame Monitor (monitor nyala api)
 - A. Hot Gas Outlet (keluaran gas panas)
 - B. Annular Space for Compressor Air (tempat pembatasan udara tekan)
 - C. Variable Air Openings (Udara variabel pembuka)
 - D. Annular Space for Primary Air (Ruang utama udara)
 - E. Annular Space for Primary Air (Ruang utama udara)
 - a. Fuel Oil Supply Flow/ Cooling Air Supply (Persediaan bahan bakar / penyediaan pendingin udara)
 - b. Fuel Oil Return Flow (Penyediaan kembali bahan bakar)
 - c. Hot Gas Inlet for Diffusion (Pintu masuk Gas Panas untuk Difusi)

2.2 Komponen – komponen yang mendukung ruang bakar :

Adapun komponen- komponen yang mendukung ruang bakar adalah sebagai berikut :

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

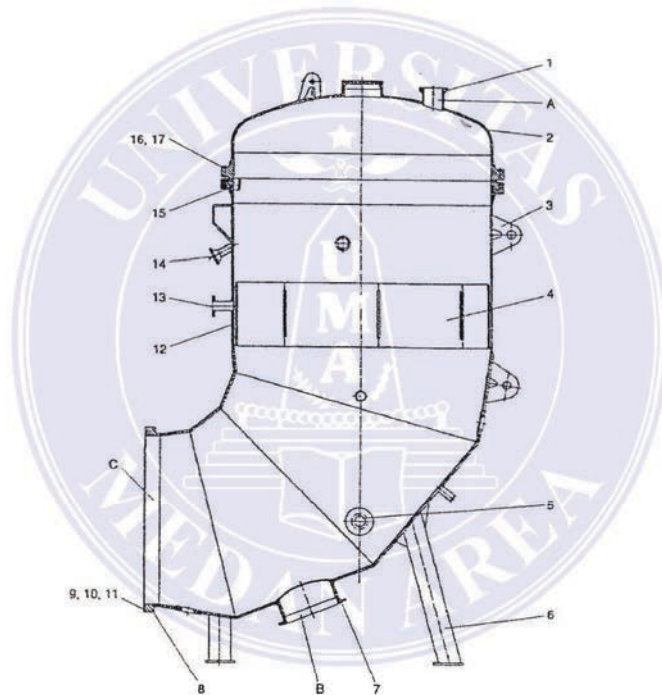
1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

2.2.1. Pressure Jacket

Pressure jacket terletak pada bagian terluar dari combustion chamber. Pressure jacket memiliki ketahanan terhadap tekanan dalam dan menjadi penentu dari letak komponen - komponen dibagian dalam. Udara bertekanan yang berasal dari kompressor di alirkan melalui rongga antara pressure jacket dan inner casing (selubung bagian dalam) Udara bertekanan tersebut mengalir sebagai udara primer pada combustion chamber.



Gambar 2.4 Pressure Jacket

Keterangan :

1. Nozzle (Alat pemercik)
2. Dome (Kubah)
3. Lifting Eye (Jalur mata)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

4. Protective Liner (Proteksi memanjang)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

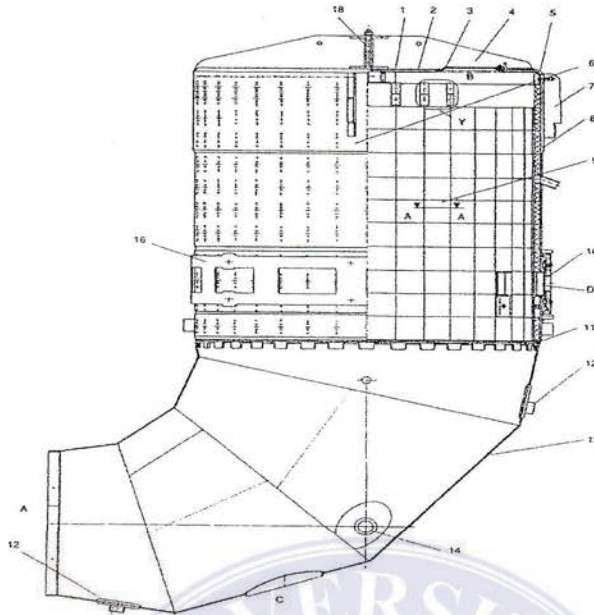
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

5. Flanged Pipe (Pipa Flensa)
 6. Support Leg (Kaki penopang)
 7. Flange (Flens)
 8. Hex Nut (Mur penahan)
 9. Bolt (baut)
 10. Stud (kuda kuda)
 11. Combustion Chamber Jacket (Pelindung Ruang bakar).
 12. Jacket plate out (pelindung pelat luar)
 13. Nozzle (Nozel)
 14. Nozzle for lights receivers (Pemercik cahaya).
 15. Centering Piece (Pusat Potong).
 16. Guide Pin (Pena Putar).
 17. Bolt (baut)
- A. Penetration For Burner Assembly (Penetrasi untuk ruang bakar)
 - B. Manhole (Lubang pemeriksaan)
 - C. Air Inlet (udara masuk)

2.2.2. Internal parts

Internal parts dari combustion chamber berfungsi mengisolasi ruangan dimana gas pembakaran dihasilkan, dicampur dan diteruskan ke inlet turbin. Permukaan dalam dari ruang bakar dilapisi oleh lapisan keramik/ batu tahan api.



Gambar 2.5 Internal Parts

Keterangan :

1. Outer Top Plate (Pelat luar atas)
2. Inner Top Plate (Pelat dalam atas)
3. Insert (Pemasukan)
4. Frame Work (kerangka)
5. Flame Tube Top Plate (Pipa api plat atas)
6. Flame Tube (pipa api)
7. Rib (Punggung)
8. Outer Shell (Saluran)
9. Tile (pipa penolong)
10. Sealing Plate (Segel pelat)
11. Ring (Gelang)

UNIVERSITAS MEDAN AREA
 12. Guide Piece (Potongan putar)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

13. Mixing Chamber (Ruang pencampur)
 14. Trunions (Cembung Putar)
 15. Brick Holder (Pegangan bata)
 16. Adjusting Ring (Gelang penyetel)
 17. Brick Holder (Pegangan bata)
 18. Trunions (cembung Putar)
- A. Hot Gas Outlet (Gas panas keluar)
 - B. Opening Of Burner Assembly (Pintu pembakaran)
 - C. Manhole (lubang pemeriksa)
 - D. Variable Secondary Opening (Pembuka pintu kedua)

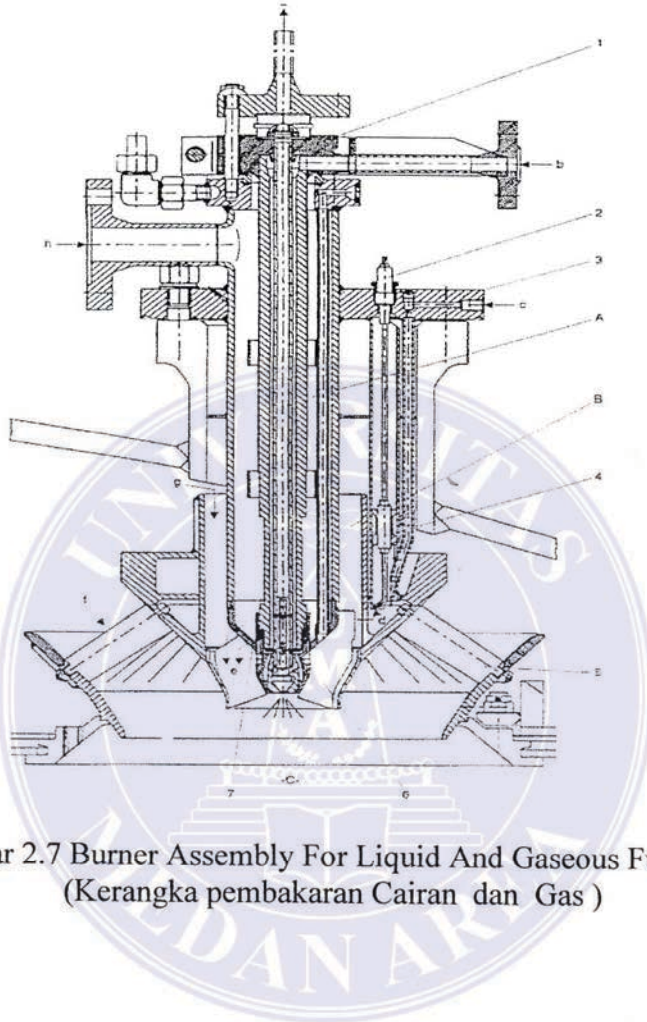


Gambar 2.6 Batu Tahan Api

2.2.3 Burner assembly

Burner assembly digunakan untuk mendistribusikan bahan bakar dengan takaran yang tepat sehingga memudahkan pencampuran dengan udara bertekanan sehingga pembakaran yang dihasilkan sempurna. Burner assembly ini dapat

dioperasikan dengan menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu bahan bakar gas dan HSD maupun keduanya.



Gambar 2.7 Burner Assembly For Liquid And Gaseous Fuel
(Kerangka pembakaran Cairan dan Gas)

Keterangan :

1. Fuel oil burner (Bahan bakar pembakaran)
2. Spark plug (Busi)
3. Burner support (pendukung Pembakaran)
4. Igniter (Penyala)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

5. Diagonal swirler (Pengaduk diagonal)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

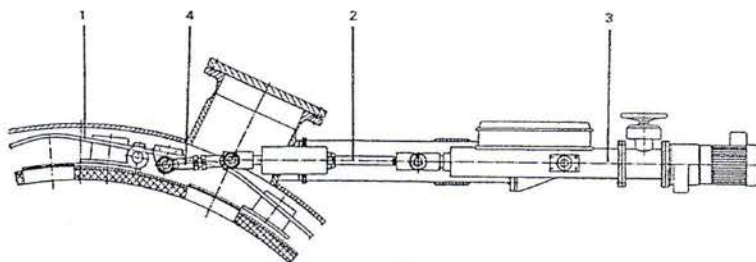
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

6. Axial swirler (Poros pengaduk)
7. Fuel gas burner (Bahan bakar gas pembakaran)
 - a. Fuel oil return flow (Aliran balik bahan bakar)
 - b. Fuel oil supply (Penyediaan bahan bakar)
 - c. Ignition gas inlet (Penyala gas masuk)
 - d. Gas outlet from the igniter (gas keluar dari penyala)
 - e. Gas outlet from the fuel gas burner (gas keluaran dari pembakaran)
 - f. Air inlet into the diagonal swirler (Udara masuk ke penaguduk)
 - g. Air inlet into the axial swirler (Udara masuk ke peros pengaduk)
 - h. Gas inlet into the fuel gas burner (Gas masuk ke pembakaran)
- A. Ring zone for fuel gas (Ring daerah untuk bahan bakar gas)
- B. Ring zone for burner core air (Ring daerah untuk inti udara)
- C. Combustion zone (Daerah pembakaran)

2.2.4 Air Mixing Adjustment

Air mixing adjustment berfungsi mengontrol campuran udara yang memasuki ruang bakar/combustion chamber sebagai udara primer aliran udara sekunder yang tidak merupakan bagian dari ruang bakar, masuk ketika mixing air adjustment dibuka.



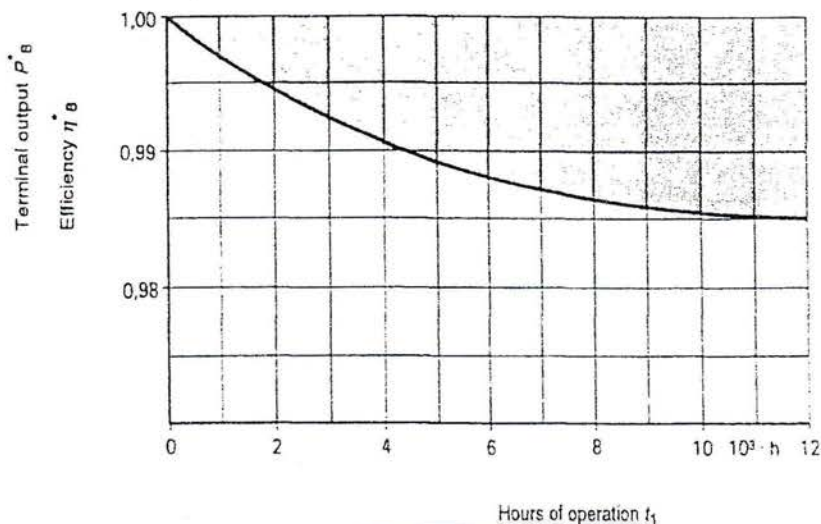
Gambar 2.8 Air Mixing Adjustment (Penyesuaian pencampuran udara),

Keterangan :

1. Adjusting Ring (Penyetel Gelang)
2. Lever (Tuas)
3. Gearbox (Gigi)
4. Articulated Linkag

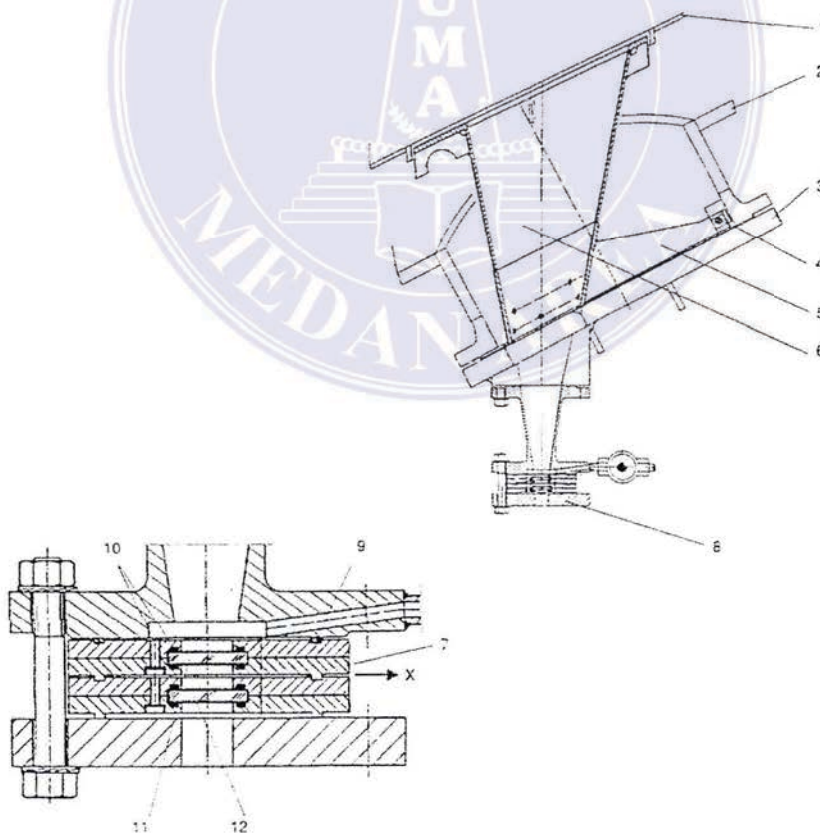
2.2.5 Manhole with inspecting tube

Manhole berfungsi agar operator dalam melakukan inspeksi dapat melihat bagian dalam dari combustion chamber dan juga bagian atas dari turbin. Lubang untuk inspeksi pada manhole cover memungkinkan proses pembakaran dapat diamati.



Gambar 2.9 Grafik hubungan Antara Efisiensi Pembakaran dengan Jam Operasi .

Sumber : PT. PLN (Persero) Belawan



Gambar 2.10 Manhole with inspecting tube

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

(Lubang pemeriksa pada tabung inspeksi)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

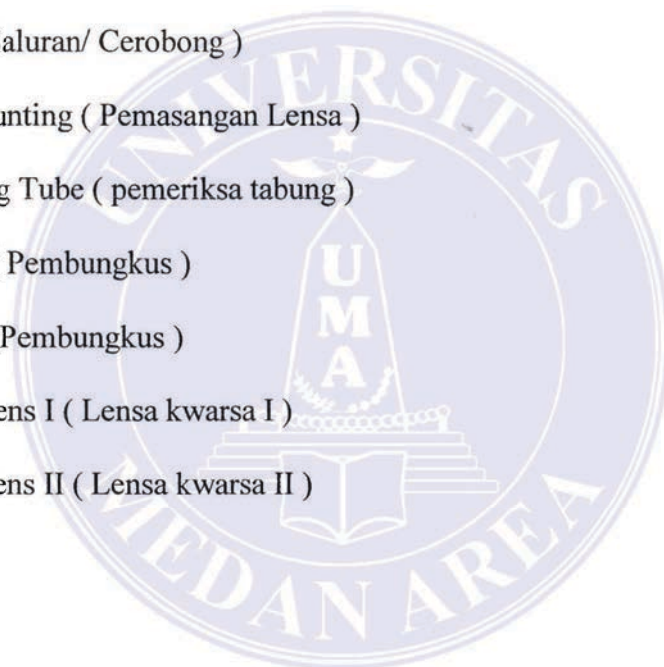
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

Keterangan :

1. Mixing Chamber (Ruang pencampuran)
2. Pressure Jacket (Pelindung Tekanan)
3. Manhole Cover (Tutup Lobang pemeriksa)
4. Bolt (Baut)
5. Support Arm (Lengan penunjang)
6. Funnel (Saluran/ Cerobong)
7. Lens Mounting (Pemasangan Lensa)
8. Inspecting Tube (pemeriksa tabung)
9. Packing (Pembungkus)
10. Packing (Pembungkus)
11. Quartz Lens I (Lensa kwarsa I)
12. Quartz Lens II (Lensa kwarsa II)



2.3 Pemilihan jenis ruang bakar

Beberapa kemungkinan mengenai penggunaan jenis ruang bakar pada sistem turbin gas dapat ditentukan dengan jalan memperhatikan fungsi dan kecocokan dalam sistem yang dirancang. Setiap jenis ruang bakar memiliki cara yang khas:

Ada 3 jenis ruang bakar yang biasa di pakai dalam suatu instalasi turbin

gas, yaitu, annular, tubular dan turbular anular.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

2.3.1 Ruang bakar tubular

Jenis ruang bakar yang dipakai sebagai analisa dalam tugas sarjana ini adalah jenis turbular. Ruang bakar jenis annular ini berukuran besar. Ruang bakar jenis tubular ini biasa dipakai pada turbin gas skala industri sebagai penggerak generator untuk daya yang besar. Pada setiap unit ruang bakar tubular terdapat penyemprot bahan bakar tetapi penyalu (ignitor) tidak dipasang pada setiap unit.

Beberapa alasan dalam pemilihan jenis ruang bakar tubular ini adalah:

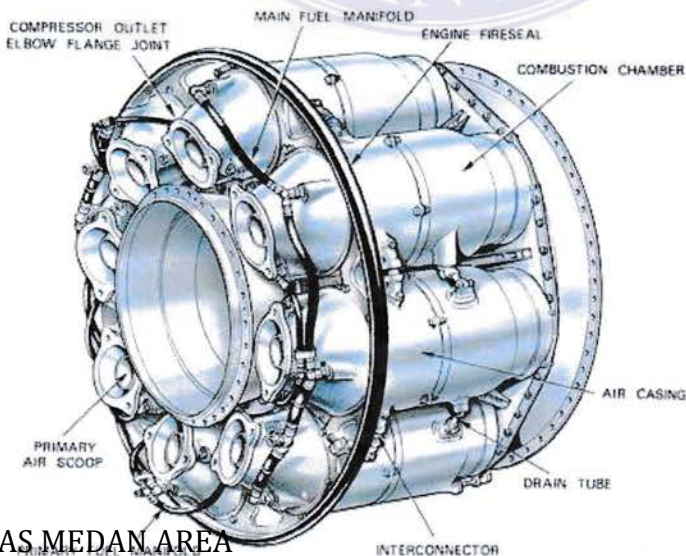
1. Konstruksi yang kokoh
2. Pola aliran bahan bakar dan aliran udara mudah dipadukan
3. Pengujian sederhana hanya memerlukan sebagian kecil dari laju aliran udara.
4. Tahan terhadap temperatur tinggi



Gambar 2.11 Ruang bakar tubular

2.3.2 Ruang bakar annular

Ruang bakar annular ini biasanya dipakai pada ruang bakar turbin gas pesawat terbang, seperti pada gambar 2.12



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

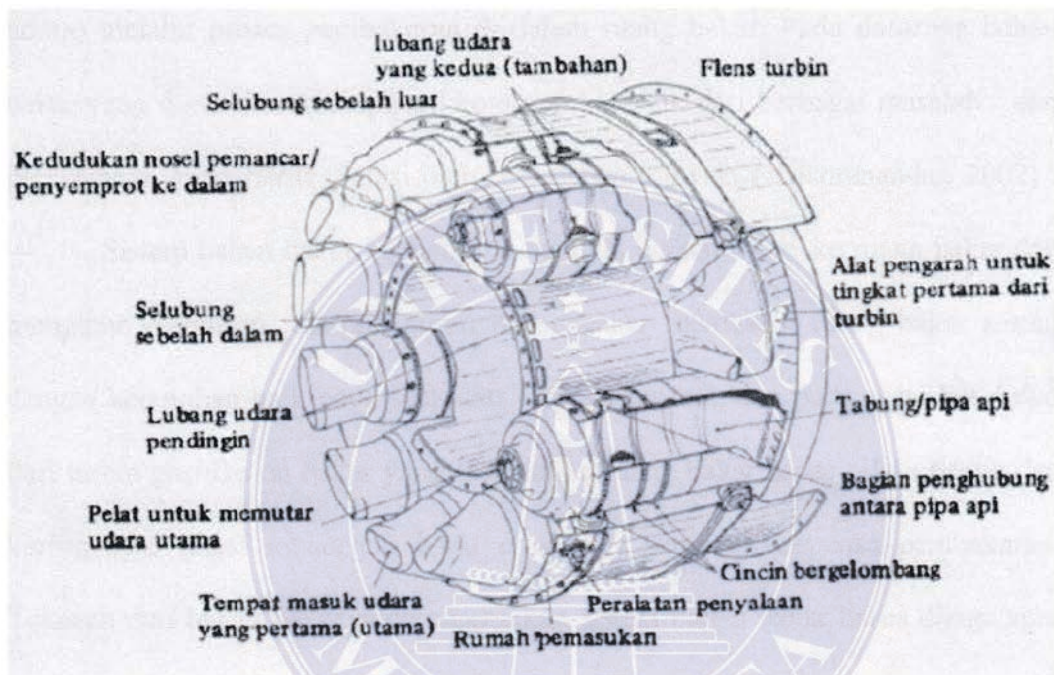
Document Accepted 7/12/23

Gambar 2.12 Ruang bakar annular

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
- Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

2.3.3 Ruang bakar tubo-annular

Untuk ruang bakar tubo-annular seperti terlihat pada gambar 2.13 lebih sulit untuk perawatan dan pemeliharaan karena letak ruang bakarnya didalam pelindung udara luar (outer air casing). Ruang bakar ini untuk turbin gas yang di pakai juga di pesawat terbang. (Sumber: Turbin, Pompa dan Kompresor.)



Gambar 2.13 Ruang bakar tubo-annular (Sumber: Turbin, Pompa dan Kompresor)

Ruang bakar turbin gas pesawat terbang konstruksinya dapat dilihat pada Gambar 12.2. Ruang bakar harus menghemat ruang dan dipasang disekeliling sumbu tengah. Ruang bakar dengan pipa api di dalamnya masing-masing berdiri sendiri sehingga apabila salah satu ruang bakar mati yang lainnya tidak terpengaruh. Dibagian luar ruang bakar terdapat lubang udara primer dan sekunder, nosel bahan-bakar dan penyalanya dan juga terdapat lubang- lubang

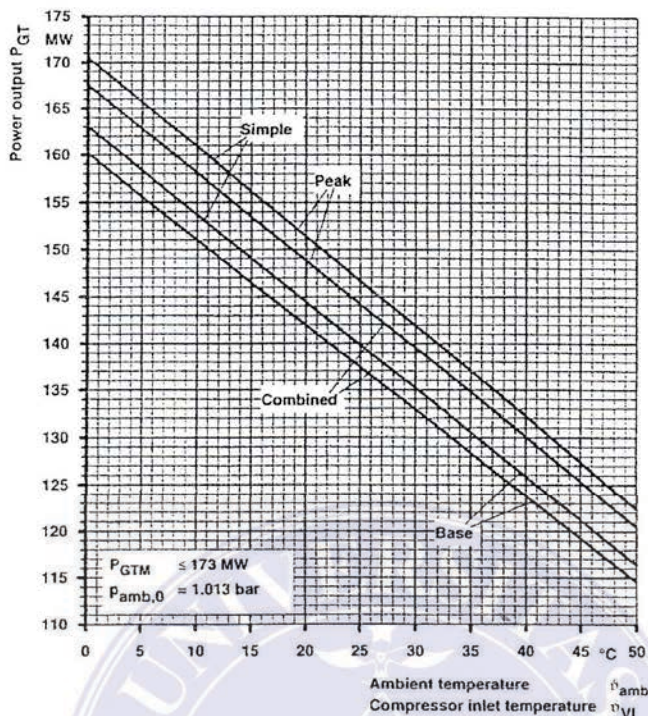
pendingin. Disingi udara pendingin sangat penting untuk menjaga ruang bakar dari

temperatur yang terlampau tinggi sehingga gas pembakaran yang mengalir ke turbin juga tidak terlalu tinggi.

2.4 Bahan bakar

Bahan bakar merupakan zat yang memberikan energi pada fluida kerja (udara) melalui proses pembakaran di dalam ruang bakar. Pada dasarnya bahan bakar yang digunakan merupakan kompromi terbaik dari berbagai masalah dan persyaratan yang harus diatasi oleh perusahaan minyak. (Arismunandar, 2002) .

Sistem bahan bakar berfungsi mensuplai bahan bakar ke ruang bakar dan mengatur kecepatan rata-rata aliran bahan bakar memasuki ruang bakar sesuai dengan kebutuhan baik pada saat start, operasi normal, dan pada saat shut down dari turbin gas. Bahan bakar yang disuplai ke ruang bakar harus selalu bersih dan kering agar dapat mencegah karat erosi dan pembentukan sisa pembakaran. Tekanan dari bahan bakar pada pemasukan sistem bahan bakar harus dijaga agar relatif konstan dan selalu terpenuhi.

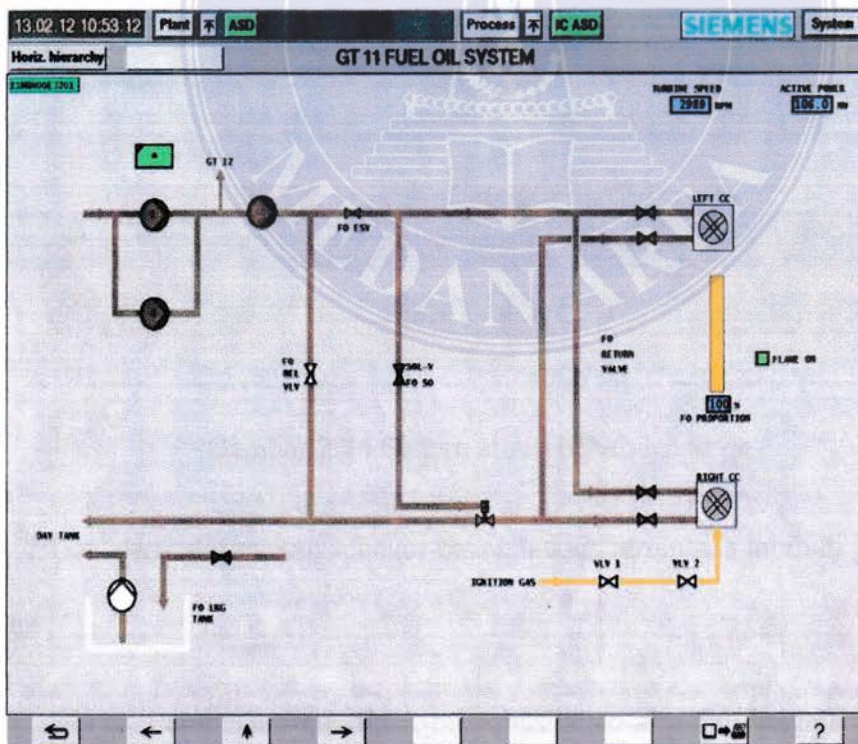


Gambar 2.14 Grafik hubungan daya keluaran dengan temperatur bahan bakar gas

Fungsi utama dari sistem bahan bakar adalah untuk mengontrol besarnya laju aliran bahan bakar dengan mengontrol tekanan masuknya. Tujuan yang ingin didapat yaitu turbin generator dapat berjalan dan berfungsi dengan baik, kecepatannya maksimum dan pada kecepatan rata – rata dapat diperoleh tegangan yang stabil, mencegah over-temperatur selama start-up dan operasi, serta menghasilkan frekwensi tegangan AC yang baik walaupun beban yang ada berubah – ubah. Bahan bakar yang disuplay ke ruang bakar ada 2 (dua) jenis :

2.4.1 Bahan bakar minyak

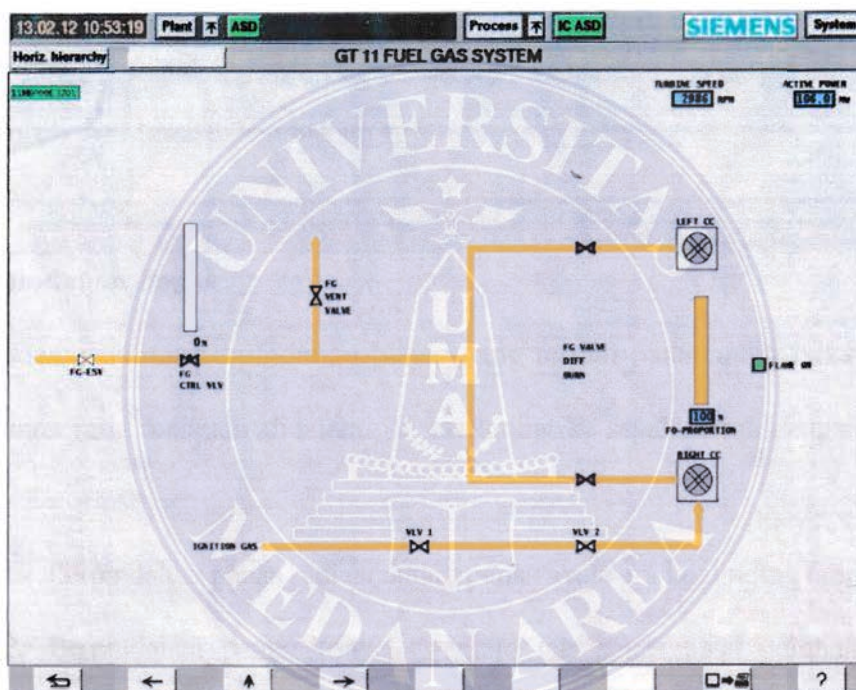
Minyak bakar asalnya dari minyak bumi dan minyak bumi ini mengandung campuran zat hidrokarbon. Minyak bakar berat dan sedang adalah yang pertama kali dipergunakan pada turbin gas di industri. Minyak ini mengandung aspal dan bitumen yang akan menyebabkan terbentuknya suatu endapan yang sukar terbakar di ruang bakar dan pada sudu – sudu turbin. Sisa – sisa pembakaran yang didapat dari pembakaran minyak bakar berat mempunyai bahan – bahan campuran yang untuk meleburkannya dibutuhkan suhu yang tinggi. Berdasarkan kenyataan ini, maka pemakaian minyak bakar berat dibatasi penggunaannya. Bahan bakar diesel cocok untuk turbin gas.



Gambar 2.15 Sistem aliran bahan bakar minyak

2.4.1 Bahan bakar gas

Bahan bakar yang berbentuk gas yang umum digunakan untuk turbin gas adalah gas bumi, karena merupakan bahan bakar ideal dan terbaik. Hal ini disebabkan rendahnya radiasi yang dihasilkan serta proses pembakaran yang lebih mudah dan bersih.



Gambar 2.16 Sistem aliran bahan bakar gas

Gas alam digunakan sebagai bahan bakar turbin gas lebih di prior itaskan karena :

1. Pembakara gas tidak menghasilkan abu dan jeaga sehingga akan memperkecil kerusakan yang dialami sudut – sudut turbin gas.

Besarnya kalor yang masuk di ruang bakar dapat dihitung dengan cara:

$$Q_{\text{masuk}} = (m_{\text{udara}} + m_{\text{bb}})(h_3 - h_2) \text{ (kJ/s).....(2.1)}$$

Dimana:

Q_{masuk} = Panas yang timbul akibat pembakaran pada ruang bakar (kJ/kg)

h_3 = Entalphi pada kondisi tekanan P_3 dan suhu T_3 (kJ/kg)

h_2 = Entalphi pada kondisi tekanan P_2 dan suhu T_2 (kJ/kg)

m_{udara} = Massa udara (kg)

m_{bb} = Massa bahan bakar (kg)

2.5 Perpindahan Panas

Secara umum perpindahan panas yang terjadi pada ruang bakar akibat aliran panas yang mengalir didalamnya, merambat ke segala arah dengan 3 cara, yaitu:

1. Perpindahan panas radiasi antara panas nyala api ke dinding tabung api
2. Perpindahan panas konveksi antara gas panas hasil pembakaran ke dinding tabung api sebelah dalam
3. Perpindahan panas konduksi antara gas panas melalui dinding tabung api sebelah dalam ke dinding tabung api ke arah anulus.

Untuk maksud analisa, laju pindahan panas untuk aliran gas pada tabung api ruang bakar dengan aliran udara yang meliputinya dapat dicari dengan beberapa langkah-langkah pertimbangan dalam penghitungannya. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah temperatur rata-rata yang terjadi pada ruang bakar, yang

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

merupakan hubungan antara temperatur udara laluan di dalam anulus dengan temperatur rata-rata yang terjadi di dalam tabung api (liner).

Panas ideal yang disuplay oleh ruang bakar dapat dicari dengan rumus :

$$Q_{in \text{ ideal}} = (h_3 - h_2) \text{ kJ/kg} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$$Q_{in} = \text{Panas ideal (kJ/kg)}$$

$$h = \text{Enthalpi (kJ/kg)}$$

Sebagai teori dasar dalam penghitungan perpindahan panas yang terjadi untuk aliran panas dengan sistem radial dapat dibuat dengan persamaan:

$$Q = U.A.\Delta T \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana:

$$Q = \text{Laju pindahan panas (W)}$$

$$U = \text{Koefisien keseluruhan pindahan panas (W/m}^2\text{.K)}$$

$$A = \text{Luasan}$$

$$= 2.\pi.r.L \text{ (m}^2\text{)}$$

Untuk kondisi aliran di dalam sebuah tabung bundar, sebuah bilangan Reynold dapat digunakan sebagai definisi apakah aliran itu merupakan jenis laminar atau turbulen. Bilangan Reynold dapat dicari dengan persamaan

$$R_{ed} = \frac{4.m}{\pi.D.\mu} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$$R_{ed} = \text{Bilangan Reynold}$$

UNIVERSITAS MEDAN AREA

m = laju aliran massa (kg/s)

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

D = Diameter (m)

μ = Viskositas (kg/m.s)

Keterangan : Dikatakan aliran turbulen penuh bila $Re_D \geq 4000$ dan untuk laminar bila : $Re_D \leq 2300$.

Bila aliran di dalam linier diasumsikan sebuah gas sempurna, maka sebuah persamaan dapat dibuat dengan persamaan:

$$Q_o = m.C_p.dT \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk kondisi dengan memperhatikan temperatur udara masuk menjadi :

$$Q_{konv} = m.C_p. (T_o - T_i) \dots \dots \dots (2.6a)$$

$$D_o = m.C_p.dT \dots \dots \dots (2.6b)$$

Dalam sebuah aliran turbulen di dalam tabung, sebuah persamaan untuk aliran turbulen yang berkembang penuh (fully developed), dapat dibuat sebuah persamaan bilangan Nussel, yaitu:

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{4/5} \cdot Pr^n$$

Dimana:

Pr = Bilangan Prandtl

$n = 0,4$ Untuk pemanasan (bila temperatur disekitarnya tabung lebih besar dari pada temperatur di dalam tabung)

$n = 0,3$ Untuk pendinginan (bila temperatur disekitarnya tabung lebih rendah dari pada temperatur di dalam tabung)

Hubungan untuk fluida yang melalui sebuah ruang anulus yang kosentris dengan tabung api, maka sebuah pindahan panas dapat terjadi pada kedua

permukaan dalam dan luar permukaan tabung, yang bila dihubungkan dengan

bilangan Nussel dapat menjadi sebuah persamaan:

$$R_{ed} = h \cdot D_h / k \dots\dots\dots(2.7)$$

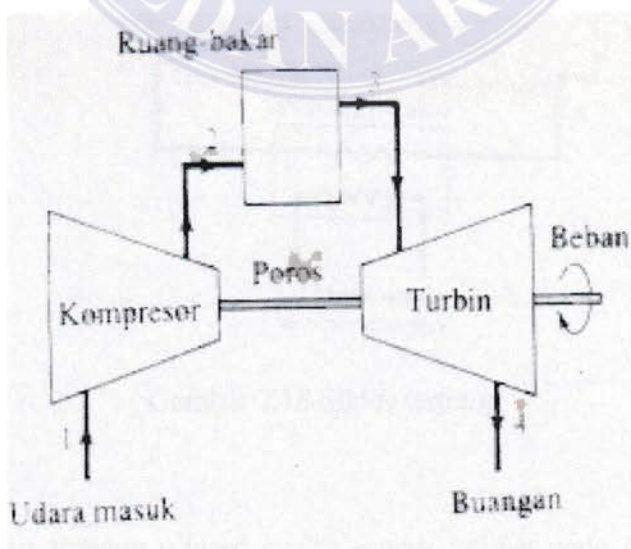
Dimana :

- h = Koefisien pindahan panas secara konveksi (W/m².K)
- D_h = Diameter hidrolik, Do - Di (m)
- k = Konduktivitas thermal (W/m.K).

2.6 Siklus Kerja Turbin Gas

Gas panas hasil pembakar atau reaktor berpendingin – gas dapat dipakai langsung sebagai fluida kerja. Caranya ialah dengan membuat gas-panas itu berekspansi melalui turbin- gas, atau memanfaatkannya secara tidak langsung untuk memanaskan fluida kedua yang berfungsi sebagai fluida kerja. Untuk masing-masing kasus ini, kita boleh melihat siklus terbuka dan siklus tertutup dibawah ini.

2.6.1 Siklus terbuka



UNIVERSITAS MEDAN AREA Gambar 2.17 Siklus terbuka

Skema siklus terbuka (open cycle) terlihat pada gambar 2.17. Gas masuk ke kondensor pada titik 1, dimanfaatkan pada titik 2. Gas tersebut masuk keruang bakar atau reaktor, dan menerima kalor pada tekanan tetap (ideal) disitu lalu keluar dalam keadaan panas pada titik 3. Dari situ gas itu lalu berekspansi melalui turbin ke titik 4. Gas- buang panas yang keluar bercampur dengan udara atmosfer diluar siklus, dan masukan udara dingin yang baru ditarik pada titik 1. Pada Siklus terbuka gas hasil pembakaran langsung dibuang ke udara luar. (Sumber: Instalasi pembangkit daya)

2.6.1 Siklus tertutup



Gambar 2.18 Siklus tertutup

Pada siklus tertutup (closed cycle) seperti terlihat pada gambar 2.18. Gas

UNIVERSITAS MEDAN AREA

pendinginan di panaskan didalam reaktor, berekspansi melalui turbin, didinginkan di

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

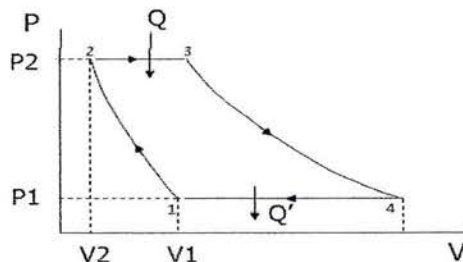
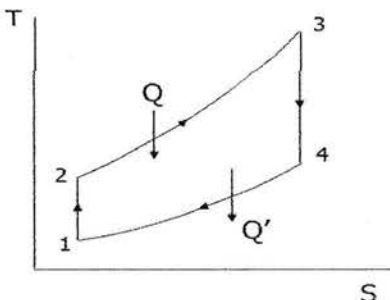
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

dalam penukar-kalor dan dikompresi kembali ke reaktor. Siklus ini dapat juga menggunakan gas lain, bukan hanya udara. Tidak ada buangan gas- radioaktif yang di buang ke atmosfer dalam operasi normal. Siklus tertutup memungkinkan fluida-kerja ditekan sehingga volumenya mengecil dan mesin – mesin rotasinya juga lebih kecil. Fluida kerja yang paling cocok untuk ini adalah helium.

Siklus yang digunakan pada analisa ini adalah siklus bryton. Turbin gas secara termodinamika bekerja dengan siklus brayton. Siklus ini merupakan siklus ideal untuk sistem turbin gas sederhana dengan siklus terbuka. Seperti Gambar 2.18.

Siklus ideal adalah siklus yang dibangun berdasarkan asumsi sebagai berikut : (Sumber: Arismunandar, 2002)

- Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara reversibel adiabatik(isentropi)
- Perubahan energi kinetik dari fluida kerja diantara sisi masuk dan sisi keluar setiap kompresor diabaikan
- Tidak ada kerugian tekanan pada sisi masuk ruang bakar dan keluar gas
- Fluida kerja dianggap gas ideal dengan jenis konstan.



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

Gambar 2.19 Diagram siklus bryton T-S dan P-V

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

1-2 = Kompresi di kompresor, proses adiabatik isentropis

2-3 = Pembakaran diruang bakar, proses isobar

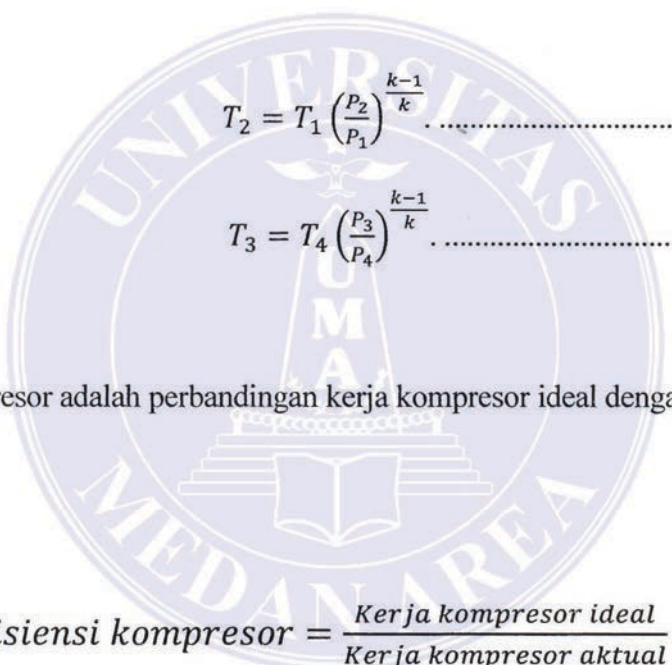
3-4 = Expansi di Turbin, proses adiabatik isentropis

4-1 = Pembuangan gas buang diatmosfer.

a) Kompresor :

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$T_3 = T_4 \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{k-1}{k}} \dots\dots\dots(2.9)$$



Efisiensi kompresor adalah perbandingan kerja kompresor ideal dengan kerja

kompresor aktual :

$$\text{Efisiensi kompresor} = \frac{\text{Kerja kompresor ideal}}{\text{Kerja kompresor aktual}}$$

$$\eta_k = \frac{Wk_s}{Wk} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\eta_k = \frac{Cp (T_2 - T_1)}{Cp (T_2' - T_1)} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

T = Temperatur (K)

P = Tekanan (bar)

k = Perbandingan panas spesifik (1,4 untuk udara). (Arismunandar)

k = Perbandingan panas spesifik (1,333 untuk gas). (Arismunandar)

$$W_k = C_p(T_2 - T_1). \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

W_k = Kerja kompresor (kJ/kg)

C_p = Massa jenis = 1.004(kJ/kg)

T = Temperatur(°)

$$W_k = \frac{W_{ks}}{\eta_k} \dots\dots\dots(2.13)$$

b) Pembakaran :

$$T_4 = T_3 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{k-1}{k}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Pemasukan kalor berlangsung pada tekanan konstan dari 2 ke 3, maka panas masuk :

$$Q_H = C_p(T_3 - T_2) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

Q_H = Massa jenis panas ruang bakar (kJ/kg)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

c) Kerja turbin :

Proses ekspansi pada turbin:

$$\eta_t = \left(\frac{T_3 - T_{4'}}{T_3 - T_4} \right)^{\frac{k-1}{k}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

η_t = Efisiensi turbin (%)

$T_{4'}$ = Temperatur aktual

$$W_T = h_3 - h_4 = C_p(T_3 - T_4) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$W_T = C_p(T_3 - T_4) \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana :

W_t = Kerja turbin (kJ/kg)

d) Perbandingan kerja balik (Back Working Ratio) (BWR) :

$$BWR = \frac{W_k}{W_t} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

BWR = Back Working Ratio (%)

W_k = Kerja kompresor (kJ/kg)

UNIVERSITAS MEDAN AREA

W_t = Kerja turbin (kJ/kg)

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

e) Laju aliran massa :

$$Q = \dot{m} \cdot C_p (T_3 - T_4) \dots\dots\dots(2.20)$$

$$m = \rho \cdot Q \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana:

Q = kapasitas aliran (kg/s)

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

ρ = Massa jenis bahan bakar (kg/m^3) = $780 \text{ kg/m}^3 = 0,78 \text{ kg/ltr}$

c_p = panas jenis (j/kg.K)

Untuk menghitung Efisiensi thermal dari suatu turbin gas yang menggunakan sistem terbuka berlaku persamaan:

$$\eta = \frac{Q_{1-2} - Q_{4-1}}{Q_{1-2}} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{(p_2/p_1)^{k-1}} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana :

Q_{1-2} = Energi yang ditambahkan pada keadaan 1-2

Q_{4-1} = Energi yang dibuang pada keadaan 1-4

p_2/p_1 = Perbandingan tekanan

k = Perbandingan panas spesifik (1,3 – 1,4 untuk udara).

7 Spesifikasi peralatan PLTG

➤ Turbin dan kompresor

Merk	: Siemens KWU
Jumlah sudu	: 4 (empat) tingkat
Kompresor	: 16 (enam belas) tingkat
Model	: V 94. 2
Kapasitas	: 139,6 MW
Putaran	: 3000 rpm
Temperatur gas masuk	: 319 °C
Temperatur gas buang	: 500,4 °C
Gas	: 9,56 kg/s
Temperatur	: Udara Luar 27 °C
Sistem kontrol	: Iskamatic / Simadyn - D

➤ Generator

Merk	: KWU
Type	: TLRI 108 / 41 – 108 / 36
MVA	: 150 MVA / 162,75 MVA
Osido	: 0,8

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

Frekuensi : 50 Hz
Tegangan : 10,5 kV
Cooling system : Air open / air close loop

➤ Trafo utama

Merk : Trafo Union
Type : TLSM 8252
Tegangan : 10,5 / 155



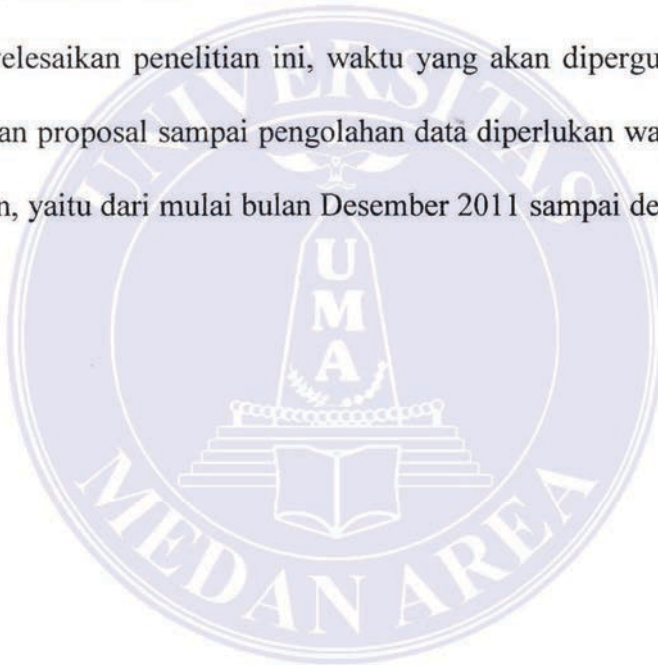
BAB III

METODE ANALISA

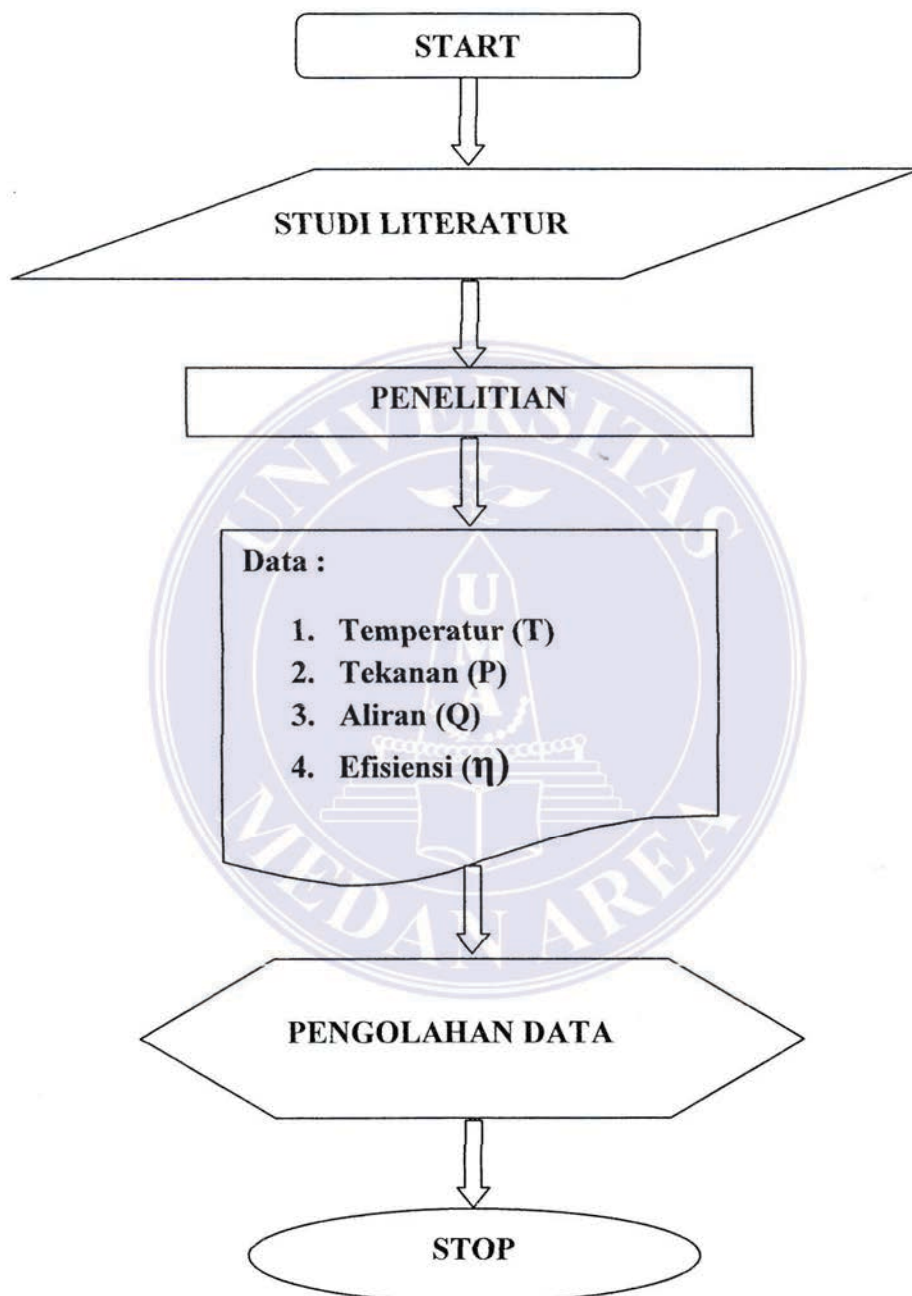
3.1 Tempat dan Waktu

Adapun tempat yang akan dipilih dalam menyelesaikan penelitian ini adalah : PT. PLN (Persero) PEMBANGKITAN SUMATERA BAGIAN UTARA SEKTOR PEMBANGKITAN BELAWAN.

Untuk menyelesaikan penelitian ini, waktu yang akan dipergunakan dari persiapan penyusunan proposal sampai pengolahan data diperlukan waktu kurang lebih 6 (enam) bulan, yaitu dari mulai bulan Desember 2011 sampai dengan bulan April 2012.



3.2 Diagram Konsep Analisa



Gambar 3.1 Digram alir penelitian

3.3 Jadwal penelitian

Untuk mengefesienkan waktu penyelesaian tugas sarjana ini penulis membuat jadwal kegiatan sebagai berikut :

No	Kegiatan	Waktu																			
		Des 2011				Jan - Feb 2012				Mar- April 2012				Mei 2012				Sept 2012			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul																				
2	Survey dan Studi pustaka																				
3	Seminar Proposal																				
5	Penelitian																				
6	Penyusunan Sikripsi																				
7	Seminar hasil																				
8	Persiapan Sikripsi																				
9	Sidang Sarjana																				
10	Penyempurnaan																				

Tabel 3.2 Jadwal kegiatan penelitian



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil pengambilan data, hasil perhitungan data dan analisa ruang bakar dapat disimpulkan dengan data sebagai berikut:

Panas yang dihasilkan pada proses pembakaran dicombustion chamber berkisar 1492,8°C. Combustion chamber mempunyai 8 buah Nozel untuk 1 unit burner dan dapat dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar gas, HSD maupun dengan keduanya. Konsumsi bahan bakar untuk bahan bakar GAS pada kondisi beban rendah yaitu 9,16 kg/s sedangkan pada beban puncak yaitu 9,56 kg/s. Dan konsumsi bahan bakar untuk bahan bakar HSD pada kondisi beban rendah yaitu 9,63 kg/s sedangkan pada kondisi beban puncak sebesar 10,05 kg/s. Data teknis dari komponen combustion chamber dengan seluruh komponennya didapat berat keseluruhan yaitu 23.608 kg.

Dari hasil analisa pengambilan data yang dilaksanakan di PT PLN (Persero) Sektor pembangkitan belawan, dikatakan cukup bagus karena hasil analisa menunjukkan performance yang baik. Hal ini dapat ditunjukkan dari hasil analisa diatas.

B. Saran

Sebaiknya di buat alat untuk mendeteksi temperatur di ruang bakar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Archie W.Culp Jr dan Darwin Sitompul.1991. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*. Jakarta: Erlangga
2. Arismunandar, Wiranto. 1982. *Penggerak Mula Turbin*. Bandung : Penerbit ITB Bandung.
3. Dietzel, Fritz, dan D. Sriyono. 1983. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Cetakan ke -4. Jakarta : Erlangga
4. El _Wakil, M. M. 1981. *Instalasi Pembangkit Daya*. Jilid 1. Jakarta : Erlangga.
5. Harijono Djojodihardjo. 1987. *Termodinamika Teknik: Aplikasi dan Termodinamika Statistik*. Jakarta: Gramedia
6. Haywood R. W. 1991. Edisi ke -4. *Analisis siklus – siklus teknik* .
7. PT. PLN Sektor Belawan. *Turbin Gas PLTG Belawan, Volume IV : Pemeliharaan*. Sektor Belawan