

**EVALUASI KINERJA TURBIN GAS PADA SISTEM PLTG DI
PT. PLN SEKTOR TELLO**



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma empat (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

ADHE PUSPITA

442 17 037

**PROGRAM STUDI D-4 PEMBANGKIT ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2018**

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul Evaluasi Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG di PT. PLN Sektor Tello oleh Adhe Puspita (442 17 037) telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1 Terapan (D4) pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 14 September 2018

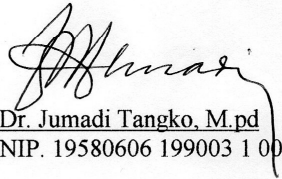
Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Ir. Firman, M.T
NIP. 19641231 199103 1 028



Dr. Jumadi Tangko, M.pd
NIP. 19580606 199003 1 002

Mengetahui,

Kepala Program Studi,



Ir. La Ode Musa, M.T.
NIP. 19601231 19903 1 021

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari Jumat tanggal 14 September 2018, Tim Penguji Seminar Skripsi telah menerima dengan baik hasil seminar skripsi oleh mahasiswa: Adhe Puspita NIM 442 17 037 dengan judul **Evaluasi Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG di PT. PLN Sektor Tello.**

Makassar, 14 September 2018

Tim Seminar Skripsi:

1. Ir. La Ode Musa, M.T.	Ketua	(.....)
2. Yiyin Klistafani, S.T.,M.T.	Sekretaris	(.....)
3. Abdul Rahman, S.T.,M.T	Anggota	(.....) 01/09/2018
4. Ir. Chandra Bhuana, M.T.	Anggota	(.....)
5. Dr. Ir. Firman, M.T.	Pembimbing I	(.....)
6. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd	Pembimbing II	(.....)

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adhe Puspita

NIM : 442 17 037

Dengan ini menyatakan :

- A. Tugas Akhir/Skripsi yang berjudul :
Evaluasi Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG di PT. PLN Sektor Tello Adalah benar disusun/dibuat oleh saya sendiri dan jika dikemudian hari diketahui berdasarkan bukti- bukti yang kuat ternyata Tugas Akhir/Skripsi tersebut dibuatkan oleh orang lain atau diketahui bahwa Tugas Akhir/Skripsi tersebut merupakan plagiat/mencontek/menjiplak hasil karya ilmiah orang lain, maka dengan ini saya siap menerima segala yang ditimbulkan berupa pembatalan/pencabutan Gelar Akademik dan siap mengulang kembali dari awal.
- B. Bahwa seluruh dokumen (copy ijazah, copy transkrip nilai) dan lain-lain sebagai persyaratan sidang adalah asli milik saya pribadi dan dapat saya pertanggung jawabkan keasliannya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Makassar, 10 September 2018

Hormat Saya,



Adhe Puspita
Adhe Puspita
442 17 037

EVALUASI KINERJA TURBIN GAS PADA SISTEM PLTG DI PT. PLN SEKTOR TELLO

RINGKASAN

Energi listrik merupakan salah satu energi utama yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia. Untuk menghasilkan energi listrik, dibutuhkan unit pembangkit energi listrik, Salah satu unit pembangkit listrik yang banyak ditemukan saat ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), dalam proses kerjanya temperatur dan tekanan udara yang diperoleh dari gas alam kemudian dinaikkan pada kompressor, proses ini dinamakan proses kompresi, hal ini dimaksudkan untuk mencapai titik dimana udara/gas tersebut dapat memutar sudu – sudu turbin. Analisis pengaruh tekanan dan temperatur udara pada putaran turbin gas adalah untuk Mengetahui kinerja turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2 dan untuk Mengetahui kinerja turbin gas terhadap besarnya efisiensi yang dihasilkan turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2.

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN Sektor Tello dimulai dari bulan Mei sampai Juli 2018 adapun pelaksanaannya meliputi mencatat besarnya tekanan dan temperatur udara yang digunakan pada sistem PLTG tersebut dan mengambil data Operasi harian setiap satu jam dalam satu hari pada bulan januari 2016 dan januari 2017.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa daya turbin gas yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap besarnya temperatur udara yang masuk setelah proses kompresi, dimana itu terlihat pada Gambar 1 yang menunjukkan bahwa temperatur udara setelah kompresi sebesar 1033°C menghasilkan daya sebesar 20 MW.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah robbil ‘alamin, segala puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wata’ala serta shalawat dan salam kepada kekasihNya Nabi Muhammad Shallallahu ‘alaihi wasallam.

Proses belajar diperkuliahan hingga terselesaikannya skripsi ini yang berjudul **“Evaluasi Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG di PT. PLN Sektor Tello”** sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Sains Terapan adalah berkat bantuan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua Orangtua tercinta atas dukungan doa, kasih sayang, serta materinya yang tak terhingga nilainya.
2. Bapak Dr. Ir. Hamzah Yusuf, M.S. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Jamal, S.T.,M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Ir. La Ode Musa, M.T selaku Ketua Program Studi D-IV Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Bapak Dr. Ir. Firman, M.T selaku pembimbing I pada penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Jumadi Tangko, M.Pd. selaku pembimbing II pada penyusunan skripsi ini.
7. Para Dosen dan Staf Politeknik Negeri Ujung Pandang yang tidak disebutkan namanya satu persatu atas torehan ilmunya kepada penulis.

8. Rekan – rekan sesama mahasiswa Jurusan teknik mesin politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya angkatan V Alih Jenjang Teknik Pembangkit Energi.

Selama penyusunan skripsi, penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyempurnakan penulisan ini. Namun sebagai manusia biasa, penulis tidak luput dari kesalahan dan kekhilafan baik dari segi keterbataasan ilmu, teknik penulisan maupun tata bahasa. Untuk itu dengan segala kerendahan hati, penulis memohon maaf dan membuka diri untuk setiap kritik dan saran demi perbaikan skripsi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya bidang Teknik Pembangkit Energi.

Makassar, September 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar Judul.....	i
Lembar Persetujuan	ii
Halaman Penerimaan	iii
Surat Pernyataan.....	iv
Ringkasan.....	v
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Lampiran	xii
Daftar Simbol	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup	3

1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Turbin Gas Secara Umum	5
2.2 Prinsip Kerja PLTG	8
2.2.1 Turbin Gas	8
2.2.2 Kompresor (Compressor)	12
2.2.3 Ruang Bakar (Combustion Chamber)	13
2.2.4 Turbin (Turbine)	15
2.3 Siklus – Siklus Pada Turbin Gas	17
2.3.1 Siklus Ericson	17
2.3.2 Siklus Stirling	17
2.3.3 Siklus Bryton	18
2.4 Siklus Turbin Gas Sederhana	18
2.5 Proses – Proses Yang Terjadi Pada Siklus Turbin Gas	22
2.5.1 Proses Kompresi (1-2)	22
2.5.2 Proses Pemasukan Kalor (2-3)	24
2.5.3 Proses Pembakaran dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ...	25
2.5.4 Proses Ekspansi (3-4)	28
2.5.5 Proses Pelepasan Kalor (4-1)	29

BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Waktu dan Tempat	31
3.2 Objek Penelitian.....	31
3.3 Prosedur Penelitian	32
3.4 TeknikPengumpulan Data	33
3.5 TeknikPengolahan Data	33
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG.....	34
4.2 Besarnya Efisiensi pada Sistem PLTG.....	34
4.3 Hasil Analisa Data.....	34
4.4 Grafik Hasil Penelitian.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	43

Lampiran

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Layout Secara Umum PLTG	7
Gambar 2.2 Turbin Gas pada Sistem PLTG PT. PLN Sektor Tello ...	11
Gambar 2.3 Kompresor pada Sistem PLTG PT. PLN Sektor Tello..	13
Gambar 2.4 Komponen dalam Ruang Bakar	14
Gambar 2.5 Turbin Implus dan Reaksi.....	17
Gambar 2.6 Sistem turbin gas dengan siklus sederhana.....	19
Gambar 2.7 Alur Proses Sistem Turbin Gas.....	19
Gambar 2.8 Diagram T-S untuk siklus aktual.....	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	32
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kerja Aktual Turbin dan Temperatur .	37
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kerja Aktual Turbin dan Tekanan.....	38
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Efisiensi Terhadap Tekanan.....	39
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Efisiensi Terhadap Temperatur.....	40

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil Penelitian Data 2016.....	Lampiran 1
Tabel 2. Hasil Penelitian Data 2016.....	Lampiran 2
Tabel 3. Hasil Analisa Data 2016.....	Lampiran 3
Tabel 4. Hasil Analisa Data 2017.....	Lampiran 4



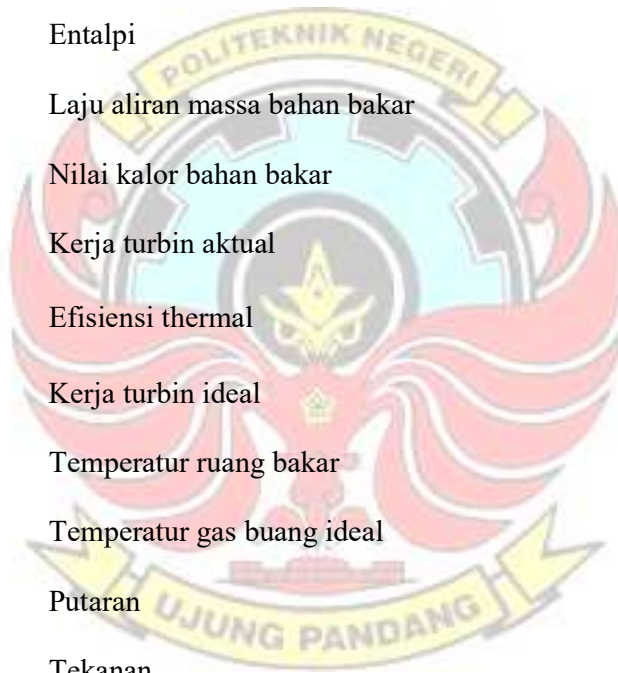
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Hasil Penelitian Data 2016	1
Lampiran 2 Tabel Hasil Penelitian Data 2017	2
Lampiran 3 Tabel Hasil Analisa Data 2016.....	3
Lampiran 4 Tabel Hasil Analisa Data 2017.....	4
Lampiran 5 Layout PLTG di PT. PLN Sektor Tello	5



DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan
P	Daya
T	Temperatur
R _o	Konstanta gas umum
BM _{gb}	Berat molekul gas
C _p	Kalor jenis gas
h	Entalpi
\dot{m}_f	Laju aliran massa bahan bakar
LHV _{bb}	Nilai kalor bahan bakar
W _t	Kerja turbin aktual
η_{th}	Efisiensi thermal
W _{ts}	Kerja turbin ideal
T ₃	Temperatur ruang bakar
T _{4s}	Temperatur gas buang ideal
n	Putaran
p	Tekanan
W	Kerja
η_t	Efisiensi Turbin



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu energi utama yang sangat dibutuhkan bagi kehidupan manusia. Untuk menghasilkan energi listrik, dibutuhkan unit pembangkit energi listrik. Salah satu unit pembangkit listrik yang banyak ditemukan saat ini adalah Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG). Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) adalah pembangkit listrik yang mengkonversi energi kinetik dari gas untuk menghasilkan putaran pada turbin gas sehingga menggerakkan generator dan kemudian menghasilkan energi listrik.

Dalam proses kerjanya temperatur dan tekanan udara yang diperoleh dari gas alam kemudian dinaikkan pada kompressor, proses ini dinamakan proses kompresi, hal ini dimaksudkan untuk mencapai titik dimana udara/gas tersebut dapat memutar sudu – sudu turbin. Energi listrik juga merupakan sumber tenaga yang paling banyak dimanfaatkan karena memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia. Dalam hal ini dari sekian banyak mesin pembangkit listrik, salah satunya adalah turbin gas. *Turbin gas* merupakan suatu alat yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan pembakaran internal. Didalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik melalui udara bertekanan yang memutar roda turbin sehingga menghasilkan daya.

Total Kebutuhan sumber energi listrik Sulselbar yaitu 1074,5 MW dan yang disuplai ke PT. PLN Sektor Tello sebesar 33,4 MW yang terpasang dan daya

mampu sebesar 28 MW. PLTG didesain untuk memikul beban puncak atau peak load karena dapat dibebani lebih tinggi 10% dari ratingnya selama kurang lebih dua jam. PLTG yang ada pada PT. PLN Sektor Tello Makassar, salah satunya adalah PLTG General Electric, dengan kapasitas 2×45.400 kVA yang mulai beroperasi sejak tahun 1997. Pembangkit ini menggunakan diesel start engine dengan speed-tronic mark 5 sebagai pengendali kecepatan. Turbin gas dikopel melalui gear-box dengan generator sinkron 11,5 kV dan daya output disalurkan ke switchyard 150 kV melalui kabel tanah setelah melewati trafo step-up 11,5 kV / 150 kV. Untuk melayani keperluan peralatan bantu, PLTG General Electric mempunyai trafo pemakaian sendiri dengan daya 1.600 kVA, tegangan 11,5kV/380V.

Keuntungan penggunaan turbin gas sebagai pembangkit tenaga listrik adalah karena sifatnya yang mudah dipasang, proses kerjanya sederhana, cocok untuk menanggulangi beban puncak serta dimensinya yang kecil.

Pada saat ini turbin gas dibuat untuk meningkatkan temperatur inlet turbin daya, sedangkan bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar gas sampai minyak berat.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas PT. PLN Sektor Tello merupakan salah satu unit pembangkit di Indonesia. PLTG merupakan pembangkit yang memiliki respons yang cepat terhadap perubahan beban. Oleh karena itu perubahan beban pada PLTG sering sekali terjadi. Untuk menjaga performance pada PLTG, peralatan yang ada dalam PLTG harus dijaga kondisinya agar dapat bekerja secara optimal. Pada Tugas Akhir ini akan dilakukan analisis Kinerja Turbin Gas operasi

PLTG GE unit 2 dengan menganalisis beberapa parameter-parameter seperti Efisiensi, Temperatur, Tekanan yang dihasilkan turbin gas.

Dengan pertimbangan-pertimbangan di atas dan kemudahan untuk mendapatkan bahan bakar sangat tepat jika instalasi turbin gas dipilih sebagai penggerak generator. Maka atas dasar itu dilakukan penelitian dengan judul tugas akhir **“Evaluasi Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG di PT.PLN Sektor Tello ”**

1.2 Rumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, kami akan menganalisis pengaruh tekanan dan temperatur udara terhadap putaran turbin gas. Bertolak dari latar belakang yang ada maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yaitu :

- 1.2.1 Bagaimana kinerja turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2.
- 1.2.2 Berapa besar efisiensi yang dihasilkan turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas(PLTG) di PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2.

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Agar penelitian ini mencapai tujuan yang diharapkan, maka permasalahan yang ada dibatasi sebagai berikut:

- 1.3.1 Pembahasan hanya pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) yang ada pada PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2.
- 1.3.2 Hanya meneliti tentang kinerja turbin gas pada system PLTG GE Unit 2.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Adapun tujuan penelitian pada analisis pengaruh tekanan dan temperatur udara pada putaran turbin gas adalah :

1. Untuk mengetahui kinerja turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor TelloGE Unit 2.
2. Untuk mengetahui besarnya efisiensi yang dihasilkan turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor TelloGE Unit 2.

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Manfaat dari penelitian analisis pengaruh tekanan dan temperatur udara terhadap putaran turbin gas, yaitu:

1. Mahasiswa dapat mengevaluasi kinerja turbin gas pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Sektor Tello GE Unit 2.
2. Dapat dijadikan referensi dalam pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Gas Secara Umum

Turbin gas adalah suatu alat yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan memanfaatkan kompresor dan mesin pembakaran internal. Di dalam turbin gas, energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik melalui udara bertekanan yang memutar sudu turbin sehingga menghasilkan daya. Sistem turbin gas terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin. Turbin gas digunakan sebagai penggerak generator listrik. Agar turbin dapat berputar, dibutuhkan beberapa komponen yang lain. Turbin gas merupakan komponen yang dirangkai menjadi kesatuan yang dinamakan siklus Brayton. Siklus ini terdiri dari kompresor, *combuster*, dan turbin. Agar turbin gas dapat beroperasi dengan baik dan seefisien mungkin, maka turbin gas memerlukan peralatan-peralatan lain seperti *lubrication system*, *control system*, *cooling system*, *fuel system*, dan lain-lain.

Turbin dengan proses pembakaran pada tekanan konstan yang bekerja sesuai dengan siklus turbin gas moderen yang dibuat oleh Societe Turbomoteurs di Paris pada tahun 1904. Temperatur gas pembakaran masuk turbin berkisar 450°C dan tekanannya kira-kira 4,5 atm. Dalam hal tersebut kompresor digerakkan langsung oleh turbin (Curtis dua tingkat). Tetapi efisiensi totalnya adalah skitar 3% saja, terutama efisiensi kompresor dan temperatur kerjanya terlalu rendah. Meskipun demikian rupanya sistem turbin gas tidak berlangsung

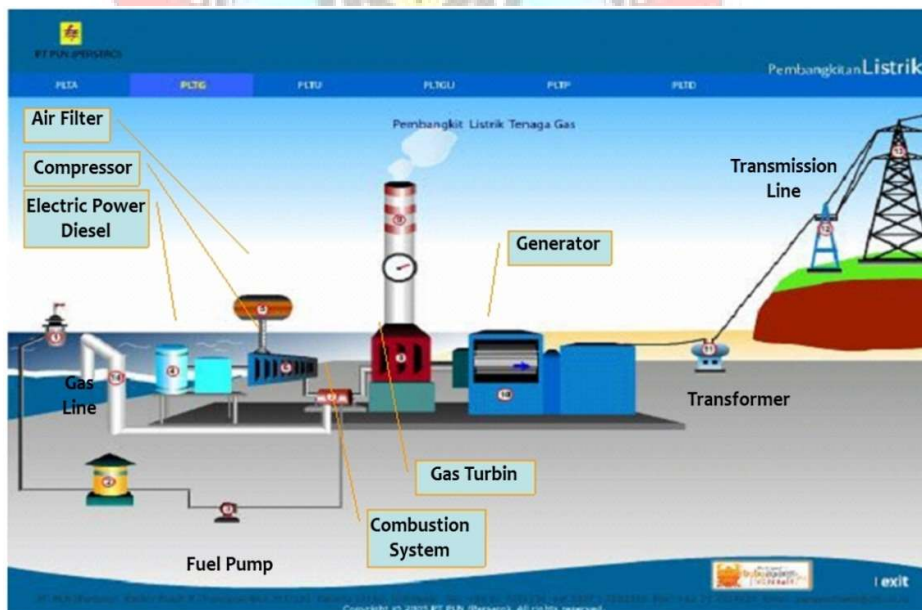
secepat harapan orang. Hal tersebut disebabkan karena masih kurangnya pengetahuan tentang aerotermodinamika, material serta teknologi pembuatan. Dengan demikian efisiensi total dari sistem turbin gas hanya dapat mencapai beberapa persen saja.

Boleh dikatakan baru sekitar tahun 1935 turbin gas mengalami kemajuan pesat dimana diperoleh efisiensi total sebesar 15%. Usaha untuk memperbaiki konstruksi dan efisiensinya berjalan terus, terutama menjelang berakhirnya perang dunia kedua. Dimana pada waktu tersebut penelitian yang dilakukan ditekankan pada kemungkinan penggunaan sistem turbin gas sebagai mesin penggerak pancar gas.

Pengetahuan dan teknologi yang diperoleh dari usaha tersebut diatas diterapkan untuk mengembangkan turbin gas, untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai mesin penggerak generator listrik dan mesin industri lainnya, kendaraan darat, kapal laut, pesawat terbang, dan sebagainya. Sistem turbin gas yang menggunakan siklus regeneratif sebagai modifikasi siklus sederhana yang dapat menaikkan efisiensi sebesar 50%, berarti pengembangan tersebut dapat menghemat pemakaian bahan bakar sebesar 50%. Pada saat ini sistem turbin gas dibuat dengan daya sebesar 100 MW sampai 300 MW, yang menggunakan *reactor* nuklir sebagai ruang bakar dan penukar kalor untuk regeneratifnya, tetapi dalam taraf percobaan efisiensi kompressor dan turbin mencapai bilangan 80-95% dan temperatur kerjanya 1100°C. Efisiensi kompressor dan turbin sudah mencapai 25% sampai 35%. Sistem turbin gas mempunyai kelebihan-kelebihan bila dibandingkan dengan penggerak mula lainnya seperti dapat dipasang dengan cepat

dan biaya investasi yang relatif rendah jika dibandingkan dengan turbin uap dan motor diesel untuk pusat tenaga listrik. Disamping itu sistem turbin gas dapat di *start* dari keadaan dingin sampai dapat dibebani penuh dalam waktu yang sangat singkat. Hal ini membuat mesin ini begitu ideal untuk mengatasi beban puncak(WBP).

Kemampuan sistem turbin gas dalam mengkonversi energi bahan bakar menjadi kerja poros dinyatakan dalam istilah efisiensi total. Dikenal juga istilah efisiensi termis(thermal) yang berhubungan dengan siklus-siklus ideal. Kemampuan sistem turbin gas dipengaruhi oleh kemampuan komponen-komponennya. Berikut gambar layout secara umum Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)



Gambar 2.1. Layout Secara Umum PLTG

Sumber : <http://rohmatullah.student.telkomuniversity.ac.id/siklus-prinsip-kerja-pltg/>

2.2 Prinsip Kerja PLTG

Pusat Listrik Tenaga Gas atau PLTG Merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan peralatan atau mesin turbin gas sebagai penggerak generatormya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja PLTG yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhan. Menurut (Rohmattullah, 2015) Turbin gas suatu PLTG berfungsi untuk mengubah energi yang terkandung di dalam bahan bakarmenjadi mekanis. Fluida kerja untuk memutar Turbin Gas adalah gas panas yang diperoleh dari proses pembakaran.

2.2.1 Turbin Gas

Turbin gas adalah suatu penggerak mula yang memanfaatkan gas sebagai fluida kerja. Di dalam turbin gas energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik berupa putaran yang menggerakkan roda turbin sehingga menghasilkan daya. Bagian turbin yang berputar disebut rotor atau roda turbin dan bagian turbin yang diam disebut stator atau rumah turbin. Rotor memutar poros daya yang menggerakkan beban (generator listrik, pompa, kompresor atau yang lainnya). Turbin gas merupakan salah satu komponen dari suatu sistem turbin gas. Sistem turbin gas yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin gas.

Menurut M.M El Wakil (1984), turbin gas digunakan sendiri dalam berbagai layanan yang sangat luas, terutama untuk menyalakan semua jenis

pesawat juga di pabrik-pabrik industri untuk menggerakkan peralatan mekanis seperti pompa, kompresor, dan generator listrik dan untuk menghasilkan tenaga listrik yang berfungsi mengatasi jika terjadi beban puncak. Turbin gas untuk aplikasi industri dan utilitas memiliki banyak keuntungan. dibandingkan dengan pembangkit uap lainnya, seperti pada total sistem, massa, dan biaya awal per unit output. waktu pengiriman yang relatif singkat dan cepat dipasang dan digunakan. Turbin gas sangat fleksibilitas dalam memasok kebutuhan, seperti tekanan udara, di samping tenaga listrik dan dalam menggunakan berbagai bahan bakar cair dan gas, termasuk bahan bakar sintetis baru seperti gas rendah. Turbin gas memiliki satu kerugian utama mencegah utilitas menggunakan penggerak utama beban dasar utama, efisiensi siklus rendah saat ini. Kerugian lain adalah ketidaksesuaian dengan bahan bakar padat, kombinasi biaya modal rendah dan efisiensi rendah telah menentukan penggunaannya terutama sebagai unit pemuncak daya di mana tidak diharapkan untuk beroperasi selama lebih dari 1000 atau 2000 jam per tahun dan di mana pembangkit uap besar yang dirancang untuk memenuhi beban puncak akan beroperasi pada faktor beban yang tidak ekonomis selama beberapa tahun. Penggunaan turbin gas dalam siklus gabungan adalah satu skema untuk mengatasi efisiensi siklus rendah saat ini untuk penggunaan beban, sementara saat yang sama keuntungan turbin gas dari operasi awal yang cepat dan fleksibel pada berbagai beban yang besar.

Menurut Retaliatta (2016), sistem turbin gas ternyata sudah dikenal pada jaman “Hero of Alexanderia”. Disain pertama turbin gas dibuat oleh John Barber seorang Inggris pada tahun 1791. Sistem tersebut bekerja dengan gas hasil

pembakaran batu bara, kayu atau minyak, kompresornya digerakkan oleh turbin dengan perantara rantai roda gigi. Pada tahun 1872, Dr. F. Stolze merancang sistem turbin gas yang menggunakan kompresor aksial bertingkat ganda yang digerakkan langsung oleh turbin reaksi tingkat ganda. Tahun 1908, sesuai dengan konsepsi H. Holzworth, dibuat suatu sistem turbin gas yang mencoba menggunakan proses pembakaran pada volume konstan. Tetapi usaha tersebut dihentikan karena terbentur pada masalah konstruksi ruang bakar dan tekanan gas pembakaran yang berubah sesuai beban. Tahun 1904, "Societe des Turbomoteurs" di Paris membuat suatu sistem turbin gas yang konstruksinya berdasarkan disain Armengaud dan Lemate yang menggunakan bahan bakar cair. Temperatur gas pembakaran yang masuk sekitar 450°C dengan tekanan 45 atm dan kompresornya langsung digerakkan oleh turbin.

Selanjutnya, Frank Whittle (tahun 1930) perkembangan sistem turbin gas berjalan lambat hingga pada tahun 1935 sistem turbin gas mengalami perkembangan yang pesat dimana diperoleh efisiensi sebesar lebih kurang 15 %. Pesawat pancar gas yang pertama diselesaikan oleh "British Thomson Houston Co" pada tahun 1937.



Gambar 2.2 Turbin gas pada sistem PLTG di PT. PLN Sektor Tello

Sumber : PT. PLN Sektor Tello

Udara masuk kedalam kompresor melalui saluran masuk udara (*inlet*). Kompresor ini berfungsi untuk menghisap dan menaikkan tekanan udara tersebut, akibatnya temperatur udara juga meningkat. Kemudian udara yang telah dikompresi ini masuk kedalam ruang bakar. Di dalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar sehingga bercampur dengan udara tadi dan menyebabkan proses pembakaran.

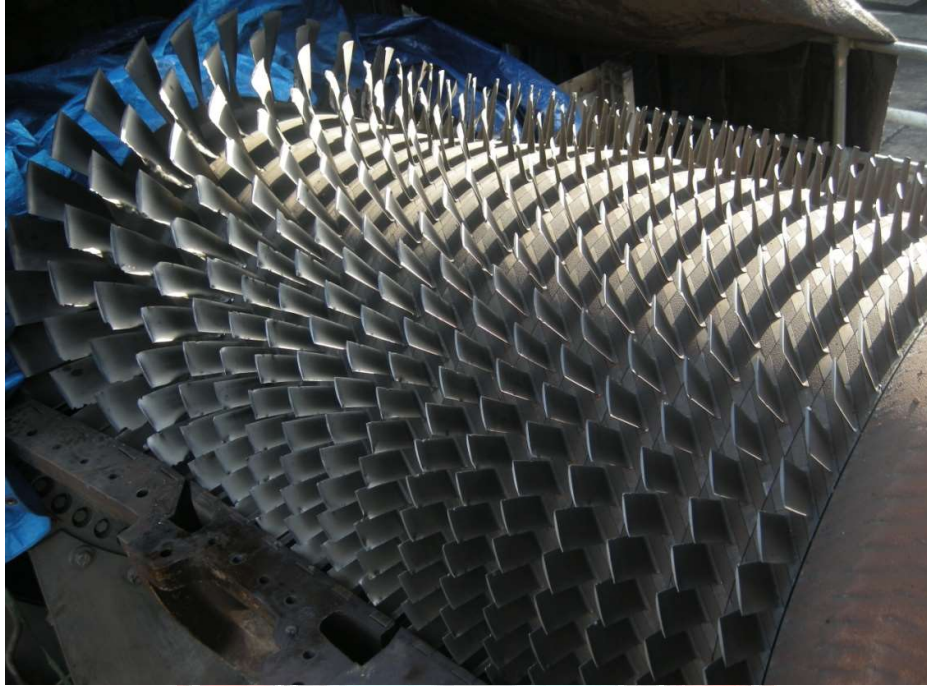
Proses pembakaran tersebut berlangsung dalam keadaan tekanan konstan sehingga dapat dikatakan ruang bakar hanya untuk menaikkan temperatur. Gas hasil pembakaran tersebut dialirkan ke turbin gas melalui suatu nozel yang berfungsi untuk mengarahkan aliran tersebut ke sudu-sudu turbin. Daya yang dihasilkan oleh turbin gas tersebut digunakan untuk memutar kompresornya sendiri dan memutar beban lainnya seperti generator listrik, dll. Setelah melewati turbin ini gas tersebut akan dibuang keluar melalui saluran buang (*exhaust*). Secara umum proses yang terjadi pada suatu sistim turbine gas adalah sebagai berikut:

1. Pemampatan (*compression*) udara di hisap dan dimampatkan
2. Pembakaran (*combustion*) bahan bakar dicampurkan ke dalam ruang bakar dengan udara kemudian di bakar.
3. Pemuaiian (*expansion*) gas hasil pembakaran memuai dan mengalir ke luar melalui nozel (*nozzle*).
4. Pembuangan gas (*exhaust*) gas hasil pembakaran dikeluarkan lewat saluran pembuangan.

2.2.2 Kompresor (*Compressor*)

Kompresor adalah suatu alat atau mesin yang berfungsi untuk mengisap/mengkompresi udara sehingga tekanan dan temperaturnya naik. Berdasarkan Siklus Brayton, kompresor pada sistem turbin gas berfungsi untuk memampatkan udara sehingga ekspansi udara pada saat keluar dari combustion chamber, terjadi secara maksimal. Udara atmosfer masuk ke sisi inlet kompresor setelah melewati filter udara. Pada sisi outlet kompresor, udara telah berada pada rasio tekanan tertentu dan siap untuk masuk ke ruang bakar.

Kompresor sentrifugal dan axial menjadi dua tipe kompresor yang diaplikasikan pada sistem turbin gas. Kompresor sentrifugal lebih banyak digunakan pada sistem turbin gas yang berukuran kecil seperti mesin turbojet, karena kemampuannya yang hanya mampu menghasilkan rasio kompresi hingga 3,5:1. Sedangkan kompresor axial lebih banyak digunakan pada turbin gas berukuran besar. Hal tersebut dikarenakan satu stage sudu kompresor aksial memiliki rasio kompresi 1,1:1 hingga 1,4:1. Dan jika menggunakan sistem multistage sudu, rasio kompresi dapat mencapai hingga 40:1.



Gambar 2.3 Kompresor dari Turbin Gas Sistem PLTG pada PT. PLN Tello

Sumber :PT. PLN Sektor Tello

2.2.3 Ruang Bakar (*Combustion Chamber*)

Fungsi dari ruang bakar dapat dijelaskan berdasarkan konstruksinya. Pada ruang bakar terdiri dari dua buah pipa kosentrik yang mempunyai tutup pada bagian depannya. Kedua pipa tersebut disebut inner liner dan outer liner. Pada bagian belakang ruang bakar dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat mengarahkan gas panas hasil pembakaran kearah bagian turbin.

Udara bertekanan dari kompresor akan masuk menuju ruang bakar yang biasa disebut *combustion chamber* atau *combustor*. Di dalam *combustor*, oksigen dalam udara akan bereaksi dengan bahan bakar sehingga menghasilkan panas. Panas tersebut diserap oleh komponen udara sisa seperti nitrogen sehingga udara hasil pembakaran mengalami semacam pemuaiian secara cepat.



Gambar 2.4 Komponen dalam Ruang bakar pada turbin gas PT. PLN Tello

Sumber : PT. PLN Sektor Tello

Udara terkompresi yang masuk ke *combustor* terbagi menjadi empat bagian, udara primer (*primary air*), udara sekunder (*secondary air*), udara tersier, dan udara pendingin. Udara primer masuk melalui *swirler*, menciptakan aliran turbulen sehingga pencampuran udara dengan bahan bakar menjadi optimal. Pada proses ini udara primer juga berfungsi untuk mengevaporasi bahan bakar, karena selain udara primer ini bertekanan, ia juga memiliki temperatur yang tinggi karena proses kompresi sebelumnya.

Campuran udara dan bahan bakar kemudian terbakar dan menuju ke zona pembakaran. Di zona pembakaran ini udara sekunder masuk ke dalam *liner* dan jumlah oksigen yang masuk menyempurnakan proses pembakaran. Secara ideal,

udara sekunder ini bertugas mengirim oksigen ke ruang bakar untuk bereaksi dengan bahan bakar, sehingga tidak ada bahan bakar sedikit pun yang belum terbakar pada saat udara panas keluar dari *combustion chamber*.

Udara tersier, atau juga biasa disebut dengan *delution air*, masuk ke dalam ruang bakar pada sisi akhir ruang tersebut. Udara ini berfungsi untuk menyerap secara lebih merata keseluruhan energi panas yang telah dibangkitkan oleh proses pembakaran. Penyerapan energi panas yang merata ini akan diikuti dengan ekspansi volume udara (disebut juga pemuaiian cepat) yang lebih merata. Sehingga udara panas yang keluar dari *combustion chamber* memiliki temperatur, atau sebut saja energi panas, yang merata pada semua bagian.

Udara pendingin adalah bagian terakhir udara terkompresi yang masuk ke dalam ruang bakar. Udara ini masuk melalui lubang-lubang kecil *liner*, dan membentuk lapisan film tipis untuk mendinginkan plat *liner*. Sehingga panas yang dihasilkan proses pembakaran lebih optimal diserap oleh udara terkompresi, dan tidak terserap justru komponen-komponen *combustor*.

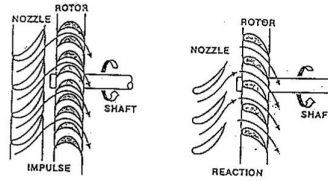
2.2.4 Turbin

Kegunaan dari turbin adalah merubah gas panas hasil pembakaran menjadi tenaga putar mekanis (energi mekanis). Seperti pada bagian kompressor, maka bagian turbin juga terdiri dari beberapa deret sudu-sudu yang berputar dan sudu-sudu yang tidak berputar. Demikian halnya pada kompressor dimana sudu-sudu yang berputar dan yang tidak berputar masing-masing disebut rotor dan stator.

Sebelum udara panas yang keluar dari ruang bakar digunakan untuk memutar turbin, maka energi panas dan tekanannya diubah agar mempunyai kecepatan yang tinggi. Untuk melaksanakan hal ini maka bentuk dari sudu-sudu yang tidak berputar dibuat sedemikian rupa sehingga menyerupai nosel, dan di dalam nosel inilah kecepatan gas bertambah.

Ada dua cara untuk memanfaatkan kecepatan aliran udara agar memutar roda turbin, yaitu impuls dengan cara mendorong atau dengan cara reaksi karena gaya reaksi aliran udara panas meninggalkan sudu-sudu rotor dan rotor mulai bergerak atau berputar. Pada cara reaksi kecepatan udara dari nosel membentur rotor dan rotor mulai berputar, sedangkan gas kemudian berekspansi pada sudu-sudu rotor dan pada waktu meninggalkan sudu rotor sehingga menyebabkan terjadinya gaya reaksi yang menghasilkan tenaga yang menambah putaran rotor.

Turbin didesain untuk beroperasi pada putaran tinggi berdasarkan kerja mekanisnya. Selama proses akselerasi menuju putaran tinggi harus ada agar sudu-sudu bagian belakang mampu/seimbang dalam menerima aliran yang diberikan oleh sudu-sudu bagian depannya, agar tidak terjadi kondisi stall.



Gambar 2.5 Turbin Impuls dan Reaksi

Sumber : (<http://choalialmu89.blogspot.com/2011/06/pembangkit-listrik-tenaga-gas-pltg.html>)

2.3 Siklus – Siklus Pada Turbin Gas

Tiga siklus turbin gas yang dikenal secara umum yaitu:

2.3.1 Siklus Ericson

Merupakan siklus mesin kalor yang dapat balik (*reversible*) yang terdiri dari dua proses isoteremis dapat balik (*reversible isothermic*) dan dua proses isobarik dapat balik (*reversible isobaric*). Proses perpindahan panas pada proses isobarik berlangsung di dalam komponen siklus internal (*regenerator*), dimana efisiensi termalnya adalah :

$$\eta_{th} = 1 - T_1/T_h \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana : η_{th} : Efisiensi thermal

T_1 : Temperatur

T_h : High Temperatur

2.3.2 Siklus Stirling

Merupakan siklus mesin kalor dapat balik, yang terdiri dari dua proses isoteremis dapat balik (isothermal reversible) dengan volume tetap (isovolum). Efisiensi termalnya sama dengan efisiensi termal pada siklus Ericson.

2.3.3 Siklus Brayton

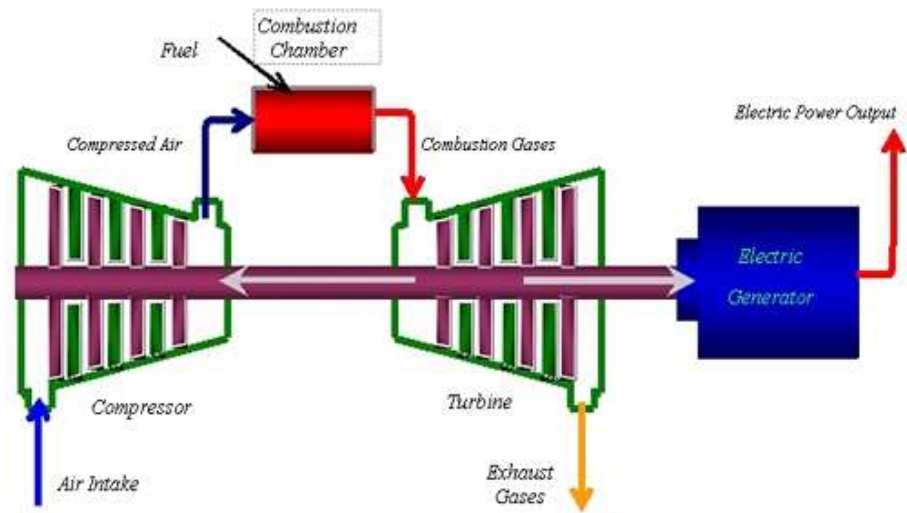
Siklus ini merupakan siklus daya termodinamika ideal untuk turbin gas, sehingga saat ini siklus ini yang sangat populer digunakan oleh pembuat mesin *turbine* atau *manufacturer* dalam analisa untuk up-grading performance. Siklus Brayton ini terdiri dari proses kompresi isentropik yang diakhiri dengan proses pelepasan panas pada tekanan konstan. Turbin gas dapat dibedakan berdasarkan siklusnya, konstruksi poros dan lainnya. Menurut siklusnya turbin gas terdiri dari:

1. Turbin gas siklus tertutup (*Close cycle*)
2. Turbin gas siklus terbuka (*Open cycle*)

Perbedaan dari kedua tipe ini adalah berdasarkan siklus fluida kerja. Pada turbin gas siklus terbuka, akhir ekspansi fluida kerjanya langsung dibuang ke udara atmosfer, sedangkan untuk siklus tertutup akhir ekspansi fluida kerjanya didinginkan untuk kembali ke dalam proses awal.

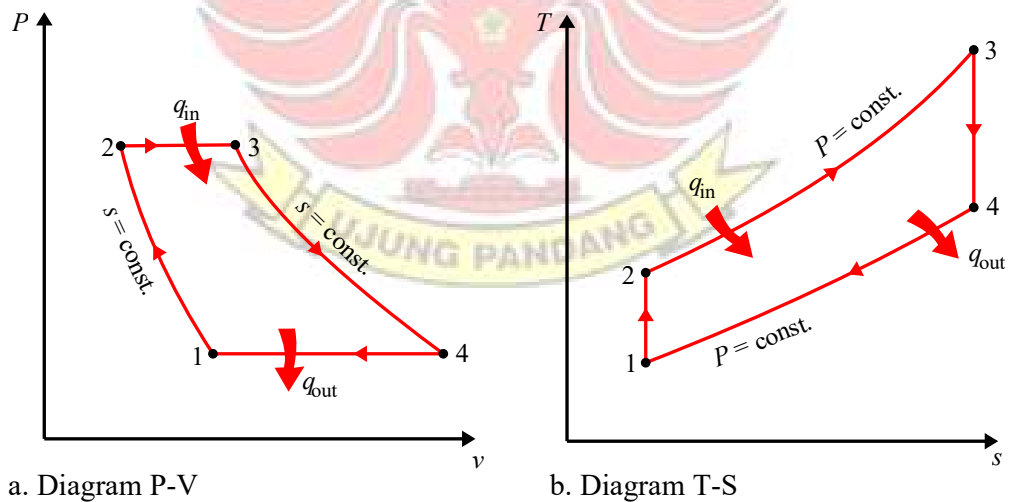
2.4 Siklus Turbin Gas Sederhana (Siklus Brayton)

Turbin gas adalah turbin dengan gas sebagai fluida kerjanya. System turbin gas yang sederhana terdiri dari komponen utama yaitu kompressor, ruang pembakaran, dan turbin. Siklus ini dibangun atas dua buah proses isentropik dan dua proses tekanan konstan. Siklus ideal dari sistem turbin gas sederhana adalah siklus Brayton.



Gambar 2.6 Sistem turbin gas dengan siklus sederhana

Sumber : (<http://jendeladengabei.blogspot.com/2013/03/pembangkit-listrik-tenaga-gas-pltg.html>)



Gambar 2.7 Alur Proses Sistem Turbin Gas

Sumber : *Siklus Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)*

Keterangan proses pada diagram P-V dan T-S

1. (1-2) : Proses Kompresi Isentropik
2. (2-3) : Proses Pembakaran Isobarik
3. (3-4) : Proses Ekspansi Isentropik
4. (4-1) : Proses Pembuangan Panas

Pada siklus sederhana ini dimana udara di hisap kedalam kompressor, kemudian masuk kedalam ruang bakar untuk dinaikkan temperaturnya sekaligus penambahan tenaga. Kemudian masuk kedalam turbin untuk berekspansi, kerja kompresi diambil dari hasil ekspansi turbin sehingga kerja adalah selisih antara kerja ekspansi turbin dengan kerja kompresi kompressor. Kerja netto (kerja berguna) inilah yang digunakan untuk memutar beban.

Dari persamaan gas ideal untuk setiap gas yang mengalami proses kompresi dan ekspansi, berlaku hubungan (LukmanBudiono, 2012):

$$PV^n = C \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

PV^n :

Dimana untuk proses isentropik, $n = k \text{ } C_p/C_v$, sehingga diperoleh hubungan antara tekanan dan temperatur, seperti pada persamaan berikut:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{k-1}{k}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

T : Temperatur

P : Tekanan

K : Konstanta

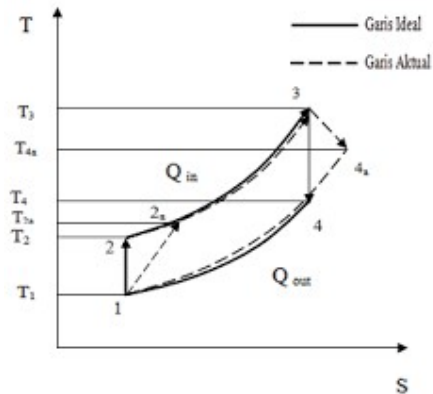
Fluida kerja yang sebenarnya bukanlah gas ideal dengan konstanta kalor C_p yang konstan. Dalam hal tersebut konstanta kalor bertambah besar dengan naiknya temperatur, tetapi konstanta gas k akan turun. Hal ini dikarenakan laju kenaikan C_v lebih cepat dari C_p dengan naiknya temperatur. Sedangkan pada temperatur yang sama baik C_p maupun k bertambah besar dengan naiknya tekanan. Hubungan antara C_p dan k diberikan dalam persamaan berikut:

$$\frac{k-1}{k} = \frac{R_o}{BM_{bb} \times C_p} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- R_o = Konstanta gas umum
= 8,31434 kJ/k mol K
- BM_{gb} = Berat molekul gas (kg/kmol)
- C_p = Kalor jenis gas (kJ/kg K)

Siklus turbin gas aktual berbeda dengan siklus ideal. Hal ini disebabkan karena dalam proses yang sebenarnya terdapat kerugian-kerugian, baik pada kompresor maupun pada turbin. Proses kompresi dan ekspansi tidaklah dapat terjadi secara isentropik, sehingga diagram T-S untuk siklus aktual adalah :



Gambar 2.8 Diagram T-S untuk siklus aktual

Sumber : (<http://rakhman.net/2013/05/prinsip-kerja-pltg.html>)

2.5 Proses-Proses Yang Terjadi Pada Siklus Turbin Gas

2.5.1 Proses Kompresi (1-2)

Proses kompresi berlangsung sebagai akibat dari putaran sudu-sudu rotor yang menaikkan energi kinetik dari udara yang masuk ke kompressor.

Dari persamaan energi umum untuk aliran steady, apabila perubahan energi potensial dari fluida kerja keluar dan masuk kompressor dapat diabaikan pada proses isentropik ($\Delta S=0$). Udara luar yang mempunyai tekanan dan temperatur menjadi (P_1, T_1) dimampatkan secara isentropik sehingga tekanan dan temperatur menjadi P_2 dan T_2 . Dimana kerja ideal kompressor diberikan oleh hubungan :

$$Wc' = h_2' - h_1 = C_p (T_2' - T_1) \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Wc' : Kerja ideal compressor

h : Entalpi

Cp : Kalor jenis gas

T : Temperatur

Kerja yang diperlukan untuk proses kompresi didalam kompressor yang sebenarnya lebih besar. Hal ini dikarenakan adanya sejumlah energi yang diperlukan untuk mengatasi gesekan-gesekan yang terjadi dan hilang melalui perpindahan panas, sehingga kerja aktual kompressor diberikan hubungan:

$$W_c = h_2 - h_1 = C_p (T_2 - T_1) \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

Wc : Kerja ideal compressor

h : Entalpi

Cp : Kalor jenis gas

T : Temperatur

Efisiensi kompressor didefinisikan sebagai rasio dari kerja isentropik kompressor terhadap kerja aktual kompressor untuk menghasilkan tekanan akhir yang sama dan dirumuskan :

$$\eta = \frac{W_t}{W_{ts}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

η : Efisiensi

Wt : Kerja turbin aktual

Wts : Kerja turbin ideal

2.5.2 Proses Pemasukan Kalor (2-3)

Proses pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar berlangsung pada tekanan konstan. Untuk mencapai suhu fluida kerja turbin (T_3) dari keadaan temperatur udara keluar dari keadan kompressor (T_2), dilakukan pembakaran bahan bakar bersama dengan udara kompresi. Proses pembakaran merupakan proses kimiawi, dimana bahan bakar terurai dan bersenyawa dengan udara, membentuk gas-gas atau persenyawaan lain sebagai hasil pembakaran. Disamping itu terdapat pula kerugian gesekan antara gas pembakaran dengan ruang bakar, sehingga terjadi sedikit penurunan tekanan sebesar:

$$\Delta P = P_2 - P_3 \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

$$\frac{P_2 - P_3}{P_2} \cong (3 - 5)\% \dots\dots\dots(2.9)$$

Proses pembakaran berlangsung secara kontinyu sehingga temperatur gas pembakaran harus dibatasi, di sesuaikan dengan kekuatan material yang dipergunakan, terutama material sudu-sudu turbin. Hal tersebut perlu dilaksanakan karena kekuatan material akan turun dengan naiknya temperatur.

Pemasukan kalor aktual dapat dihitung dengan :

$$q_m = h_3 - h_2 = C_p (T_3 - T_2) \text{ kJ/kg} \dots\dots\dots(2.10)$$

Temperatur gas hasil pembakaran berkisar antara 500-1100 °C. Untuk membatasi temperatur gas keluar ruang bakar maka diperlukan sejumlah udara berlebih. Adapun perbandingan laju aliran bahan bakar udara (*Fuel Air Ratio*), diberikan oleh persamaan:

$$FAR = \frac{m_f}{m_{ud}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

m_f = laju aliran massa bahan bakar (kg/s)

m_{ud} = laju aliran massa udara (kg/s)

Perbandingan laju aliran massa bahan bakar – udara berkisar antara FAR = 1/50 -1/200 ^(ref.1) atau perbandingan laju aliran massa udara bahan bakar – udara berkisar antara FAR = 50 – 200.

2.5.3 Proses Pembakaran dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

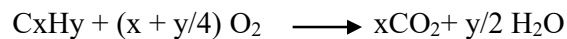
Persamaan reaksi kimia untuk proses pembakaran karbon dan hidrogen, dapat ditulis (Suhirta, 2008) :



Persamaan keseimbangan kimia dari bahan bakar hidro karbon sederhana, seperti metana CH₄ dengan pembakaran stoikiometri O₂ adalah :



Untuk pembakaran sempurna senyawa hidrokarbon (C_xH_y) dengan oksigen, persamaan kimianya dapat ditulis :

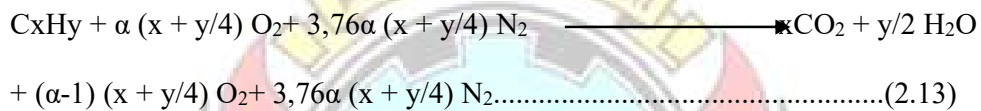


Banyaknya udara teoritis yang diperlukan untuk proses pembakaran diatas, adalah :

$$Mol_{\text{udara kering yang diperlukan}} = \frac{x + y/4}{0,2095} \dots\dots\dots(2.12)$$

Udara atmosfer terdiri atas 79% Nitrogen dan 21% oksigen. Itu berarti bahwa setiap 0,21 mol O₂ terdapat 0,79 N₂ atau setiap 1 mol O₂ terdapat 0,79/0,21 N₂, jadi untuk setiap mol O₂ yang dibutuhkan untuk pembakaran harus disuplai 4,76 mol udara: 1 mol O₂ ditambah 3,76 mol N₂.

Bila udara yang diberikan dalam proses pembakaran banyak, maka tidak semua jumlah udara tersebut habis bereaksi. Kelebihan udara yang diberikan pada proses pembakaran tersebut, disebut *excess air* (α). Hal tersebut dapat dilihat pada reaksi berikut :



Faktor kelebihan udara menunjukkan faktor pencampuran udara – bahan bakar stoikiometri, dimana α dapat dirumuskan :

$$\alpha = \frac{AFR_{act}}{AFR_{stoi}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembakaran adalah entalpi pembentukan, entalpi pembakaran dan entalpi reaksi :

- 1) Entalpi Pembentukan (ΔH_f)
Entalpi pembentukan adalah perubahan entalpi positif atau negatif ketika 1 mol dari senyawa dibentuk dari elemen-elemen penyusunannya pada kondisi standar.
- 2) Entalpi Pembakaran (ΔH_c)
Entalpi pembakaran adalah didefinisikan sebagai panas yang ketika 1 mol substansi untuk pembakaran sempurna pada tekanan konstan.
- 3) Entalpi reaksi (ΔH_r)

Entalpi reaksi adalah didefinisikan sebagai panas yang dipindahkan untuk sebuah spesifik reaksi kimia ketika reaktan dan produk adalah pada temperatur sama dan tekanan konstan.

Pada turbin gas diharapkan proses pembakaran (pemasukan kalor) terjadi pada tekanan nyala adiabatik tekanan konstan. Temperatur maksimum dapat dicapai ketika bahan bakar terbakar sempurna. Untuk suatu proses adiabatik, tekanan konstan, tanpa ada kerja yang dilakukan, dimana keseimbangan tenaga :

$$Q^{\circ} = 0 = \Delta H^{\circ}_R - \Delta H^{\circ}_P \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau dapat dituliskan :

$$H^{\circ}_{RP} = - Q^{\circ} = \Delta H^{\circ}_R - \Delta H^{\circ}_P = 0 \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

H°_{RP} = entalpi pembakaran (kadang-kadang digunakan untuk menilai negatif dari $-Q^{\circ}$, yang kemudian dinyatakan dengan H°_{RP}).

ΔH°_R = entalpi reaktan

ΔH°_P = entalpi produk

Suatu faktor yang penting menunjukkan prestasi dari sebuah turbin gas adalah konsumsi bahan bakar spesifik (SFC), yang didefinisikan sebagai laju aliran massa bahan bakar per daya turbin.

$$SFC = \frac{3600}{\eta_{th} \cdot LHV_{bb}} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

LHV_{bb} = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg).

2.5.4 Proses Ekspansi (3-4)

Secara ideal gas dalam turbin, berlangsung secara isentropik sehingga kerja ideal dari turbin adalah (Arman, dkk 2016) :

$$W_{ts} = C_p (T_3 - T_{4s}) \text{ (kJ/kg)} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

W_{ts} : Kerja turbin ideal pada turbin gas

C_p : Kalor jenis gas

T_3 : Temperatur ruang bakar

T_{4s} : Temperatur gas buang ideal

Pada kenyataannya proses ekspansi gas yang terjadi di dalam turbin tidak berlangsung secara isentropik, dikarenakan adanya kerugian daya akibat kerugian gesekan, perpindahan kalor, kebocoran dan sebagainya. Oleh karena itu kondisi fluida kerja keluar dari turbin tidak dapat mencapai titik 4', tetapi titik 4. Maka penurunan entalpi di dalam turbin menjadi lebih rendah.

Sedang kerja aktual turbin adalah :

$$W_t = C_p (T_3 - T_4) \text{ (kJ/kg)} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dimana :

W_t : Kerja turbin aktual pada turbin gas

C_p : Kalor jenis gas

T_3 : Temperatur ruang bakar

TAT 1 : Temperatur gas buang

Efisiensi termal aktual merupakan perbandingan kerja bersih dengan kalor yang dihasilkan oleh sistem:

$$\eta_t = \frac{W_t}{W_{ts}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

η_t : Efisiensi turbin

W_t : Kerja turbin aktual pada turbin gas

W_{ts} : Kerja turbin ideal pada turbin gas

2.5.5 Proses Pelepasan Kalor (4 -1)

Pelepasan kalor berlangsung pada tekanan konstan. Proses ini menyebabkan tekanan gas kembali pada kondisi awal, dimana :

$$q_{out} = h_4 - h_1 = C_p (T_4 - T_1) \text{kJ/kg} \dots\dots\dots(2.23)$$

Komponen utama pada bagian ini adalah aksial flow compressor, berfungsi untuk mengkompresikan udara yang berasal dari inlet air section hingga bertekanan tinggi sehingga pada saat terjadi pembakaran dapat menghasilkan gas panas berkecepatan tinggi yang dapat menimbulkan daya output turbin yang besar.

Dimana :

q_{out} : Energi panas keluar

h : entalpi

C_p : kalor jenis gas

T : temperatur udara inlet kompresor



BAB III

METODE KEGIATAN

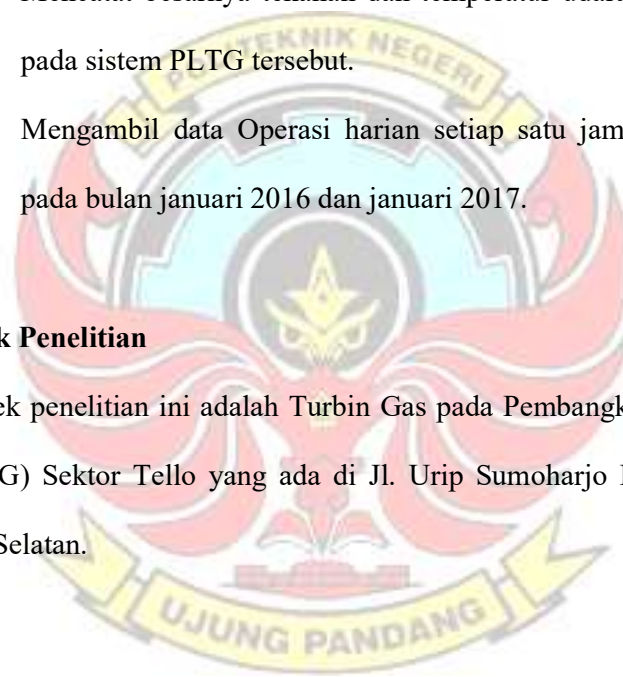
3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN Sektor Tello dimulai dari bulan Mei sampai Juli 2018 adapun pelaksanaannya meliputi:

- 3.1.1 Mencatat besarnya tekanan dan temperatur udara yang digunakan pada sistem PLTG tersebut.
- 3.1.2 Mengambil data Operasi harian setiap satu jam dalam satu hari pada bulan januari 2016 dan januari 2017.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah Turbin Gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Sektor Tello yang ada di Jl. Urip Sumoharjo Km. 7 Makassar, Sulawesi Selatan.



3.3 Prosedur Penelitian

Agar pengertian lebih jelas dari judul ini, maka penulis memberikan prosedur penelitian yaitu:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Cara yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah:

3.4.1 Studi Literatur

Penulis mengumpulkan data-data dengan membaca dan mempelajari berbagai literatur-literatur yang ada sesuai dengan masalah yang diteliti.

3.4.2 Wawancara (*Interview*)

Salah satu teknik pengumpulan data yang dilakukan oleh peneliti untuk memperoleh informasi tentang Pembangkit Listrik Tenaga Gas dengan bertanya langsung pada pengelola pembangkit listrik tersebut.

3.5 Teknik Analisis Data

Adapun teknik analisis data yang digunakan yakni analisis deskriptif. Analisa ini memberikan penjelasan atau gambaran tentang keadaan dari Pembangkit yang diteliti meliputi perhitungan efisiensi hingga perhitungan daya yang dibangkitkan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kinerja Turbin Gas pada Sistem PLTG

Pada prinsip kerja PLTG dimana udara di hisap kedalam kompressor, kemudian masuk kedalam ruang bakar untuk dinaikkan temperaturnya sekaligus penambahan tenaga. Kemudian masuk kedalam turbin untuk berekspansi, kerja kompresi diambil dari hasil ekspansi turbin sehingga kerja adalah selisih antara kerja ekspansi turbin dengan kerja kompresi kompressor. Kerja netto (kerja berguna) inilah yang digunakan untuk memutar beban.

4.2 Besarnya Efisiensi pada Sistem PLTG

Efisiensi yang dihasilkan pada PLTG yaitu kerja turbin ideal pada turbin gas dibagi dengan kerja turbin aktual pada turbin gas dan dikali seratus persen maka dihasilkan efisiensi turbin gas. Berikut Hasil Perhitungan Pada sistem Kinerja Turbin Gas dan Besarnya Efisiensi :

4.3 Hasil Analisa Data

1. Dari data nomor 1 pada tanggal 6 Januari 2017 pukul 18.00 WITA maka diperoleh :

- Beban : 20 MW
- Tekanan udara lingkungan (P) : 1013,32 mbar : 101,332 kPa
- Tekanan udara tekan (PK 2) : 133 bar = 13300 kPa
- Tekanan absolute udara tekan (PK 2') : (PK 2 + P) = 11463,2 kPa
- Temperatur udara tekan (TK 2) : 159°C = 432 K

- Temperatur udara masuk (TAT 1) : 547°C = 820 K
- Laju aliran massa bahan bakar (MBB) : 2,91 kg/s
- Nilai kalor bahan bakar (LHV) : 40324,6 kJ/kg
- Laju aliran massa udara (MU) : 220 kg/s
- C_p udara : 1,005 kJ/(kg.K)

Maka dapat dihitung :

a) Temperature ruang bakar (T_3)

$$T_3 = TK_2 + \frac{(\dot{m}_{bb} \times LHV)}{(\dot{m}_u \times C_p)}$$

$$T_3 = 432 \text{ K} + \frac{2,91 \text{ kg/s} \times 40324,6 \text{ kJ/kg}}{220 \text{ kg/s} \times 1,005 \text{ kJ/(kg.K)}}$$

$$T_3 = 1262,731 \text{ K}$$

b) Temperature gas buang ideal (T_{4s})

$$T_{4s} = T_3 \left(\frac{P}{P_{K2'}} \right)^{0,285}$$

$$T_{4s} = 1262,731 \text{ K} \left(\frac{101,332}{11463,2} \right)^{0,285}$$

$$T_{4s} = 313,8422 \text{ K}$$

c) Kerja turbin ideal pada turbin gas (W_{ts})

$$W_{ts} = C_p (T_3 - T_{4s})$$

$$W_{ts} = 1,005 \text{ kJ/(kg.K)} (1262,731 \text{ K} - 313,8422 \text{ K})$$

$$W_{ts} = 953,633 \text{ kJ/kg}$$

d) Kerja turbin aktual pada turbin gas (W_t)

$$W_t = C_p (T_3 - TAT 1)$$

$$W_t = 1,005 \text{ kJ/(kg.K)} (1262,731 \text{ K} - 820 \text{ K})$$

$$W_t = 444,9445 \text{ kJ/kg}$$

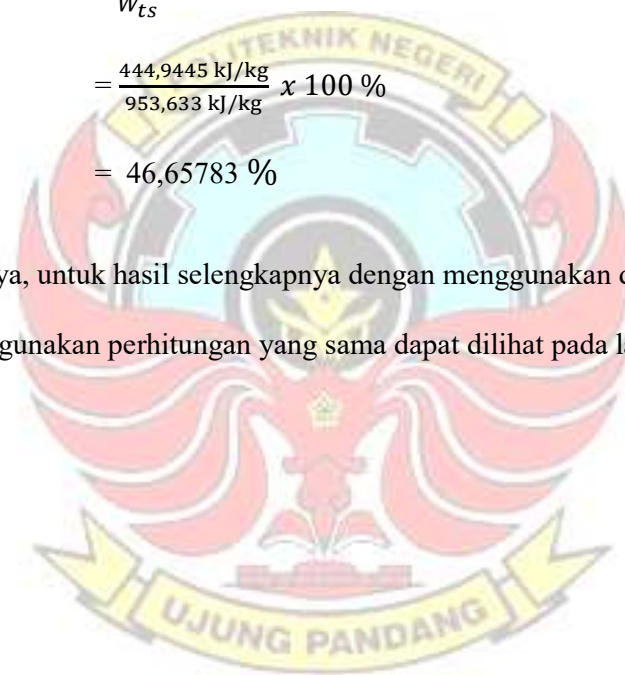
e) Efisiensi turbin gas

$$\eta_t = \frac{W_t}{W_{ts}} \times 100 \%$$

$$= \frac{444,9445 \text{ kJ/kg}}{953,633 \text{ kJ/kg}} \times 100 \%$$

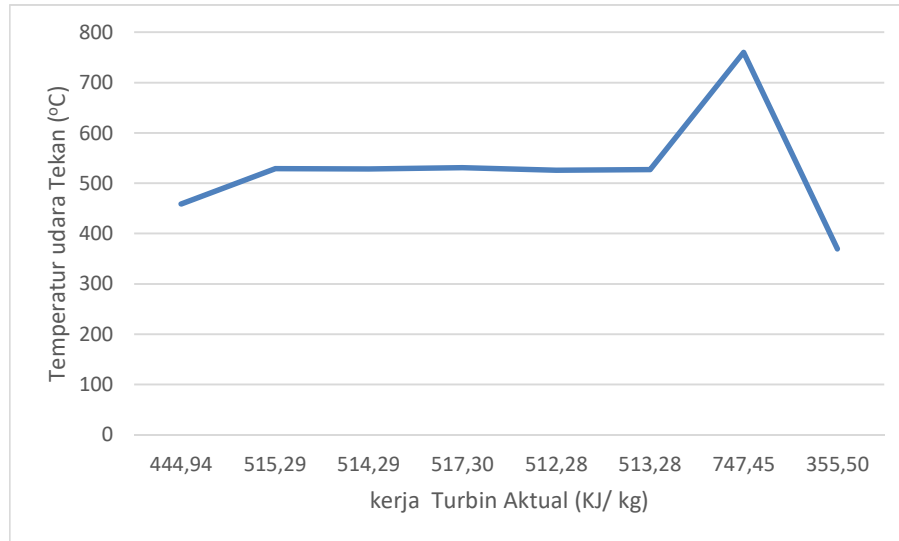
$$= 46,65783 \%$$

Selanjutnya, untuk hasil selengkapnya dengan menggunakan data yang lain namun menggunakan perhitungan yang sama dapat dilihat pada lampiran 4.



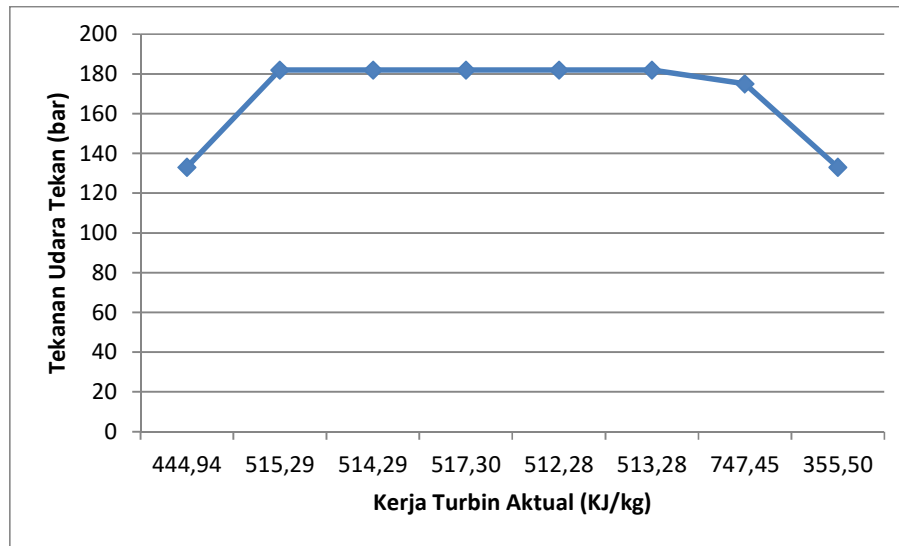
4.5 Grafik Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil data penelitian didapatkan grafik seperti dibawah ini :



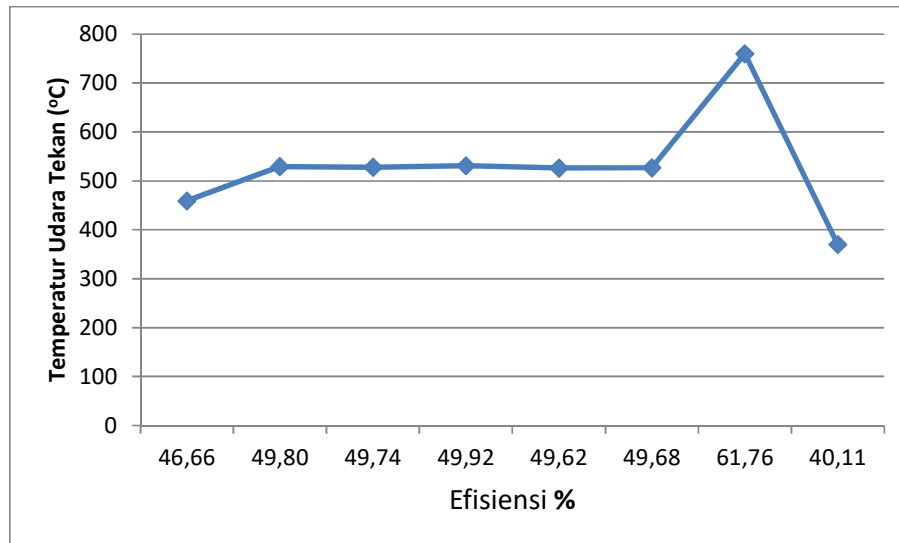
Gambar 4.1. Grafik hubungan antara Temperatur udara terhadap Kerja turbin aktual pada turbin gas GE Unit 2

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur maka kerja aktual turbin semakin besar, sedangkan semakin kecil temperatur maka kerja aktual turbin semakin kecil, hal tersebut disebabkan karena pada saat turbin beroperasi, temperatur yang dihasilkan akan semakin besar, kerja turbin aktual tertinggi terjadi pada temperatur 1033°C yaitu sebesar 747,45 kJ/kg dan kerja turbin aktual terendah terjadi pada temperatur 432 °C yaitu sebesar 355,50 kJ/kg.



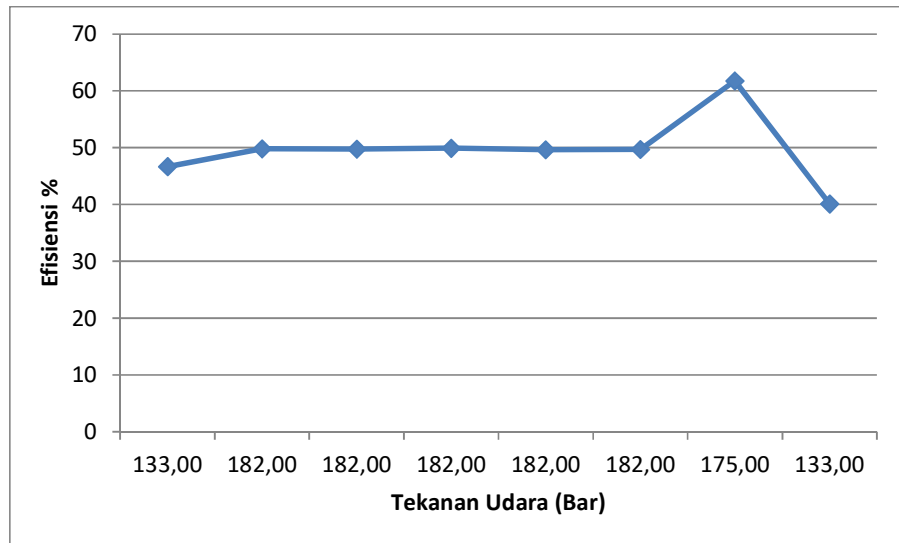
Gambar 4.2. Grafik hubungan antara Tekanan udara terhadap Kerja turbin aktual pada Turbin Gas GE Unit 2.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar tekanan udara maka semakin besar kerja turbin aktual sedangkan semakin kecil kerja aktual turbin maka semakin kecil pula tekanannya, hal tersebut disebabkan karena pada saat kerja aktual turbin tekanan pada saat turbin beroperasi akan semakin besar, kerja turbin aktual tertinggi terjadi pada tekanan 182 bar yaitu sebesar 747,45 kJ/kg dan kerja turbin aktual terendah terjadi pada tekanan 133 bar yaitu sebesar 355,50 kJ/kg.



Gambar 4.3. Grafik hubungan antara Temperatur udara terhadap Efisiensi pada turbin gas GE Unit 2

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur udara maka semakin besar efisiensi yang dihasilkan sedangkan semakin kecil temperatur udara maka semakin kecil pula efisiensi yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan semakin baik kerja turbin pada saat beroperasi maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar, efisiensi tertinggi terjadi pada temperatur udara 61,76 % yaitu sebesar 1033°C dan efisiensi terendah terjadi pada temperatur udara 40,11 % yaitu sebesar 432°C.



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara Efisiensi terhadap Tekanan Udara pada turbin gas GE Unit 2

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar efisiensi maka semakin besar tekanan udara yang dihasilkan sedangkan semakin kecil efisiensi maka semakin kecil pula tekanan yang dihasilkan, hal tersebut disebabkan semakin baik kerja turbin pada saat beroperasi maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar, efisiensi tertinggi terjadi pada tekanan udara 61,76 % yaitu sebesar 182 Bar dan efisiensi terendah terjadi pada tekanan udara 40,11 % yaitu sebesar 133 Bar.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

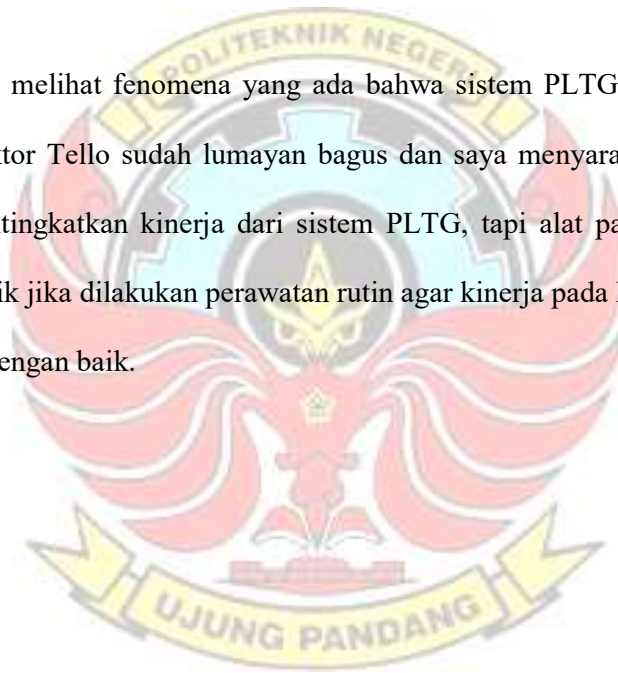
Berdasarkan analisa data yang telah telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan penelitian diatas di dapatkan dimana udara di hisap kedalam kompressor, kemudian masuk kedalam ruang bakar untuk dinaikkan temperaturnya sekaligus penambahan tenaga. Kemudian masuk kedalam turbin untuk berekspansi, bahwaday turbin gas yang dihasilkan tidak berpengaruh terhadap besarnya temperatur udara yang masuk setelah proses kompresi, itu terlihat pada gambar 4.1 yang menunjukkan bahwa temperatur udara setelah kompresi sebesar 1033°C menghasilkan daya sebesar 20 MW yang didapatkan pada beban PLTG.
2. Berdasarkan penelitian diatas besarnya efisiensi yang dihasilkan pada PLTG yaitu kerja turbin ideal pada turbin gas dibagi dengan kerja turbin aktual pada turbin gas dan dikali seratus persen maka dihasilkan efisiensi turbin gas, di dapatkan bahwa besarnya tekanan dan temperatur udara yang dihasilkan setelah proses kompresi tidak terlalu berpengaruh terhadap besarnya efisiensi turbin gas yang dihasilkan, itu dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4 yang menunjukkan untuk temperatur udara setelah kompresi sebesar 1033°C menghasilkan efisiensi sebesar 61,76 % sedangkan yang terkecil dihasilkan pada temperatur udara

setelah kompresi sebesar 432°C yang menghasilkan efisiensi turbin gas sebesar 40,11 %. Adapun untuk tekanan udara setelah kompresi menunjukkan bahwa pada tekanan udara 182 Bar yang menghasilkan efisiensi sebesar 61,76 % sedangkan yang terkecil dihasilkan pada tekanan udara setelah kompresi sebesar 133 Bar yang menghasilkan efisiensi turbin gas sebesar 40,11 %.

5.2 Saran

Dengan melihat fenomena yang ada bahwa sistem PLTG pada GE Unit 2 PT. PLN Sektor Tello sudah lumayan bagus dan saya menyarankan untuk tetap dijaga dan ditingkatkan kinerja dari sistem PLTG, tapi alat pada sistem PLTG akan lebih baik jika dilakukan perawatan rutin agar kinerja pada PLTG tetap stabil dan bekerja dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, Hafid 2015. *Analisis tekanan dan Temperatur Kinerja Turbin Gas pada PLTGU Sengkang*. Jurnal
- Alief, Rakhman. 2013. *Prinsip Kerja PLTG*. (Online), (<http://rakhman.net/2013/05/prinsip-kerja-pltg.html>, diakses tanggal 12 Mei 2018).
- Archie W. Culp Jr, Darwin sitompul M, 1996. *Prinsip-prinsip Konversi Energi*, Erlangga
- Choirunnisa, Al Anna. 2011. *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)*. (Online), (<http://choialmu89.blogspot.com/2011/06/pembangkit-listrik-tenaga-gas-pltg.html>, diakses tanggal 12 Mei 2018).
- Darmono Kosmo PLD., Drs. Imam Fachruddin dan Agus Bagus Waluyo, 1999. *Thermodynamics (Teori dan Soal)*, Edisi Kedua.
- El Wakil, MM. 1984, *Power Plant Technology*. Cambridge : McGraw-Hil.
- Frits Diesel, Dakso Sriyono, 1996. *Turbin, Pompa dan Kompresor*. Erlangga.
- Lukman Budiono. 2012 *Analisis Efisiensi Turbin Gas*. Jurnal
- Maherwan P. Boyce. 2002. *Gas Turbine Engineering Hand Book*, Gulf Professional Publishing.
- Naryono. 2013. *Analisis Efisiensi Turbin Gas Terhadap Beban Operasi Pltgu Muara Tawar Blok I*, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Perdana, Nur. 2013. *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)*. (Online), (<http://jendeladenngabei.blogspot.com/2013/03/pembangkit-listrik-tenaga-gas-pltg.html>, diakses tanggal 12 Mei 2018).
- Retaliatta. 2016. Turbin Gas. (Online), (<http://mangihot.blogspot.com/2016/12/sejarah-turbin-gas.html>),
- Robert F. Hoefl, Schenectady, *Heavy Duty Gas Turbine Operating Maintenance Consideration*.(Online).
- Rohmatullah. 2015. *Siklus Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)*. (Online), (<http://rohmatullah.student.telkomuniversity.ac.id/siklus-prinsip-kerja-pltg/>, diakses tanggal 12 Mei 2018)
- Suhirta. 2008. *Perhitungang Konsumsi Bahan Bakar*. Jurnal.

The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a yellow banner contains the text "POLITEKNIK NEGERI". The center features a red Garuda bird with its wings spread, perched on a yellow banner that reads "UJUNG PANDANG". The background of the emblem is light blue and white.

LAMPIRAN 1

Tabel Hasil Penelitian Data 2016

Tabel 1. Tabel Hasil Penelitian

Data pada Hari Jumat, 18 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	168	412
19.00	174	463
19.30	174	443
20.00	172	447
20.30	148	368

Data pada Hari Sabtu, 19 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
17.00	181	494
18.00	180	493
18.30	182	527
19.00	180	527
19.30	184	525
20.00	182	523
20.30	182	542
21.00	182	522
21.30	180	478
22.00	180	491
23.00	186	546
24.00	176	456

Data pada Hari Minggu, 20 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
01.00	176	481
02.00	180	469
03.00	178	425
04.00	168	576
07.00	156	372

08.00	148	370
09.00	134	500
10.00	178	535
11.00	183	441
12.00	182	452
13.00	178	543
14.00	176	538
15.00	182	505
16.00	182	488
17.00	186	520
18.00	186	520
18.30	186	535
19.00	186	536
19.30	186	525
20.00	186	537
20.30	186	535
21.00	186	534
21.30	186	533
22.00	180	486
23.00	169	491
24.00	158	372

Data pada Hari Senin, 21 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
11.00	146	371
12.00	136	371
13.00	144	371
14.00	130	371
15.00	172	473
16.00	164	405
17.00	162	395
18.00	146	372
18.30	176	448
19.00	183	516
19.30	183	522

20.00	184	521
20.30	184	499
21.00	174	510
21.30	138	372

Data pada Hari Rabu, 23 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
19.00	165	372
19.30	172	512
20.00	174	383
20.30	136	366

Data pada Hari Jumat, 25 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	130	371
19.00	180	487
19.30	170	405

Data pada Hari Sabtu, 26 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
19.00	170	432
19.30	168	401
20.00	164	383
20.30	150	370

Data pada Hari Minggu, 27 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekanan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	178	440
19.00	184	558

19.30	184	548
20.00	184	547
20.30	184	545
21.00	184	545
21.30	184	544
22.00	184	517

Data pada Hari Senin, 28 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	134	371
19.00	156	400
19.30	170	418
20.00	170	449
20.30	156	401
21.00	150	370
21.30	136	370

Data pada Hari Selasa, 29 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	158	386
19.00	180	484
19.30	184	540
20.00	184	539
20.30	182	532
21.00	178	499
21.30	162	401

Data pada Hari Selasa, 29 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
14.00	162	435
15.00	170	478

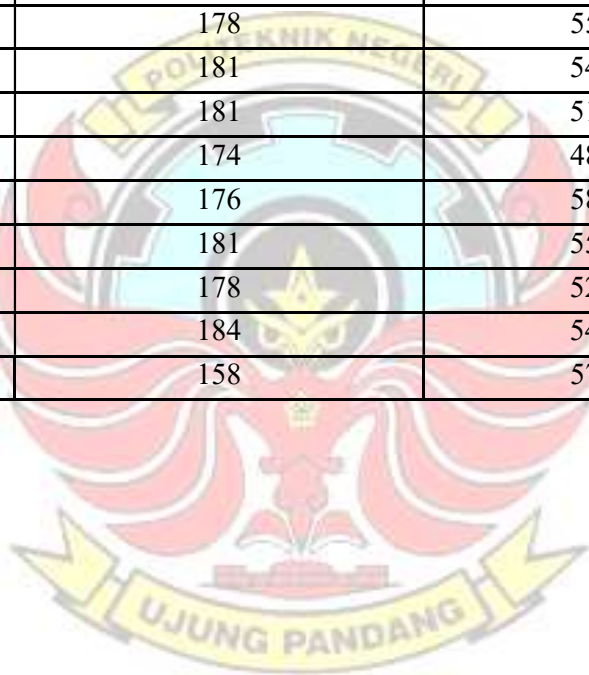
16.00	178	540
17.00	168	507
18.00	166	415
18.30	180	549
19.00	174	508
19.30	180	537
20.00	164	418
20.30	180	534
21.00	180	541
21.30	180	535
22.00	180	535
23.00	180	536
24.00	170	442

Data pada Hari Rabu, 30 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
14.00	162	435
15.00	170	478
16.00	178	540
17.00	168	507
18.00	166	415
18.30	180	549
19.00	174	508
19.30	180	537
20.00	164	418
20.30	180	534
21.00	180	541
21.30	180	535
22.00	180	535
23.00	180	536
24.00	170	442

Data pada Hari Kamis, 31 Januari 2016

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
01.00	136	370
13.00	138	372
14.00	158	377
15.00	138	371
18.00	130	371
18.30	178	538
19.00	178	555
19.30	181	545
20.00	181	516
20.30	174	481
21.00	176	583
21.30	181	558
22.00	178	525
23.00	184	545
24.00	158	576



The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. It features a central five-pointed star in gold, set against a blue background. Below the star is a red and white floral or flame-like design. The emblem is surrounded by a yellow banner at the top with the text 'POLITEKNIK NEGERI' and another yellow banner at the bottom with the text 'UJUNG PANDANG'.

LAMPIRAN 2

Tabel Hasil Penelitian Data 2017

Tabel 1. Tabel Hasil Penelitian

Data pada Hari Jumat, 6 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.00	133	432
18.30	182	802
19.00	182	801
19.30	182	804
20.00	182	799
20.03	182	800
21.00	175	1033
21.30	133	643

Data pada Hari Minggu, 8 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
09.00	162	652
10.00	180	774
11.00	180	815
12.00	180	810
13.00	180	779
14.00	180	770
15.00	178	771
16.00	180	813
17.00	180	808
18.00	180	771
18.30	180	781
19.00	180	779
19.30	180	772
20.00	180	768
20.30	180	771
21.00	180	770
21.30	180	767

22.00	180	765
23.00	180	764
24.00	180	765

Data pada Hari Senin, 9 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
00.00	180	765
01.00	168	677
02.00	168	674
03.00	168	657
04.00	166	630
05.00	164	709
06.00	172	766
07.00	180	769
08.00	180	778
09.00	180	779
10.00	178	770
11.00	180	773
12.00	180	775
13.00	180	782
14.00	180	784
15.00	178	779
16.00	180	781
17.00	178	775
18.00	178	776
18.30	178	779
19.00	178	777
19.30	178	774
20.00	178	770
20.30	178	750
21.00	178	767
21.30	178	765
22.00	178	767

23.00	180	765
24.00	180	766

Data pada Hari Selasa, 10 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
00.00	180	802
01.00	180	804
02.00	180	794
03.00	180	794
04.00	180	793
05.00	180	795
06.00	180	796
07.00	180	801
08.00	180	813
09.00	180	818
10.00	178	818
11.00	178	816
12.00	178	820
13.00	178	824
14.00	178	823
15.00	178	825
16.00	178	820
17.00	178	814
18.00	178	812
18.30	178	816
19.00	178	813
19.30	178	813
20.00	178	808
20.30	178	808
21.00	178	810
21.30	178	809
22.00	180	810
23.00	180	803

Data pada Hari Kamis, 12 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.00	134	810
18.30	180	799
19.00	181	805
19.30	180	808
20.00	180	759
20.30	168	701
21.00	164	621

Data pada Hari Jumat, 13 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	188	806
19.00	189	796
19.30	142	797
20.00	142	693
22.00	142	644

Data pada Hari Sabtu, 14 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	180	797
19.00	180	810
19.30	180	807
20.00	181	801
20.30	175	750
21.00	150	644

Data pada Hari Minggu, 15 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	136	644
19.00	154	668
19.30	172	694
20.00	168	642
20.30	136	644

Data pada Hari Senin, 16 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
09.00	134	644
10.00	170	727
11.00	178	815
12.00	178	815
13.00	178	818
14.00	178	817
15.00	178	819
16.00	180	817
17.00	180	813
18.00	180	809
18.30	180	814
19.00	180	807
19.30	180	808
20.00	180	809
20.30	180	808
21.00	180	806
21.30	180	804
22.00	180	759
23.00	173	731

Data pada Hari Selasa, 17 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
11.00	138	643
12.00	138	643
13.00	138	644
14.00	180	814
15.00	138	643
18.30	146	593
19.00	174	744
19.30	174	709

Data pada Hari Rabu, 18 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	164	696
19.00	178	698
19.30	180	804
20.00	172	721
20.30	164	654
21.00	170	697
21.30	164	665

Data pada Hari Kamis, 19 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	136	644
19.00	170	711
19.30	176	733
20.00	146	644

Data pada Hari Jumat, 20 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	136	644
19.00	136	643
19.30	136	644

Data pada Hari Sabtu, 21 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
19.00	148	676
19.30	145	646

Data pada Hari Senin, 23 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	136	644
19.00	182	811
19.30	170	712
20.00	152	665

Data pada Hari Selasa, 24 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
19.00	174	753
19.30	174	750
20.00	170	701

Data pada Hari Rabu, 25 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
19.00	136	644

Data pada Hari Senin, 30 Januari 2017

Pukul	Tekanan Udara Tekan (Bar)	Temperatur Udara Tekan (°C)
18.30	142	643
19.00	168	702
19.30	136	643





LAMPIRAN 3
Tabel Hasil Analisa Data 2016

The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. It features a central five-pointed star in gold, set against a blue background. Below the star is a red and white floral or flame-like motif. The emblem is surrounded by a yellow banner at the top with the text 'POLITEKNIK NEGERI' and another yellow banner at the bottom with the text 'UJUNG PANDANG'. The entire logo is rendered in a semi-transparent, light color.

Tabel 4. Tabel Hasil Analisa Data

Hari Senin, 18 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1215,731	282,825	937,5704	397,7095	42,41916
19.00	1266,731	291,7742	979,8314	448,9645	45,82058
19.30	1246,731	287,1675	964,3612	428,8645	44,47135
20.00	1250,731	289,034	966,5053	432,8845	44,78863
20.30	1171,731	282,5508	893,626	353,4895	39,55676

Hari Selasa, 19 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
17.00	1297,731	295,5922	1007,149	480,1195	47,67113
18.00	1296,731	295,8286	1005,907	479,1145	47,63011
18.30	1330,731	302,6359	1033,235	513,2845	49,6774
19.00	1330,731	303,5851	1032,281	513,2845	49,72331
19.30	1328,731	301,2465	1032,622	511,2745	49,51227
20.00	1326,731	301,7262	1030,13	509,2645	49,43693
20.30	1345,731	306,0472	1044,882	528,3595	50,56642
21.00	1325,731	301,4988	1029,353	508,2595	49,37659
21.30	1281,731	292,4066	994,2709	464,0395	46,67133
22.00	1294,731	295,3723	1004,355	477,1045	47,50356
23.00	1349,731	305,0712	1049,883	532,3795	50,70846
24.00	1259,731	289,2237	975,3597	441,9295	45,30939

Hari Rabu, 20 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
01.00	1284,731	294,9635	994,7162	467,0545	46,95354
02.00	1272,731	290,3534	987,2894	454,9945	46,08522
03.00	1228,731	281,2045	952,264	410,7745	43,13662
04.00	1379,731	320,9776	1064,047	562,5295	52,86698
05.00	1175,731	279,3211	900,8917	357,5095	39,68396
06.00	1173,731	283,033	895,1513	355,4995	39,7139
07.00	1303,731	323,3467	985,2861	486,1495	49,34095
08.00	1338,731	306,3788	1037,514	521,3245	50,24748
09.00	1244,731	282,6384	966,9029	426,8545	44,14657
10.00	1255,731	285,5793	975,0023	437,9095	44,91369
11.00	1346,731	308,2097	1043,714	529,3645	50,71932
12.00	1341,731	308,0502	1038,849	524,3395	50,47312
13.00	1308,731	297,6326	1016,154	491,1745	48,33663
14.00	1291,731	293,7665	1002,954	474,0895	47,26931
15.00	1323,731	299,1946	1029,659	506,2495	49,16672
16.00	1323,731	299,1946	1029,659	506,2495	49,16672
17.00	1338,731	302,585	1041,327	521,3245	50,0635
18.00	1339,731	302,811	1042,104	522,3295	50,12257
18.30	1328,731	300,3247	1033,548	511,2745	49,46789
19.00	1340,731	303,037	1042,882	523,3345	50,18155
19.30	1338,731	302,585	1041,327	521,3245	50,0635

20.00	1337,731	302,359	1040,549	520,3195	50,00434
20.30	1336,731	302,1329	1039,771	519,3145	49,94509
21.00	1289,731	294,2316	1000,477	472,0795	47,18546
21.30	1294,731	300,6974	999,0036	477,1045	47,75803
22.00	1175,731	278,3153	901,9026	357,5095	39,63948
23.00	1284,731	294,9635	994,7162	467,0545	46,95354
24.00	1272,731	290,3534	987,2894	454,9945	46,08522

Hari kamis, 21 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
11.00	1174,731	284,3672	894,8154	356,5045	39,84112
12.00	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085
13.00	1174,731	285,4795	893,6976	356,5045	39,89095
14.00	1174,731	293,8605	885,2747	356,5045	40,27049
15.00	1276,731	295,0424	986,5969	459,0145	46,52503
16.00	1208,731	283,1226	930,2363	390,6745	41,99734
17.00	1198,731	281,7578	921,5579	380,6245	41,30228
18.00	1175,731	284,6093	895,5772	357,5095	39,91945
18.30	1251,731	287,3869	969,1656	433,8895	44,76939
19.00	1319,731	299,6685	1025,163	502,2295	48,99023
19.30	1325,731	301,0309	1029,823	508,2595	49,35404
20.00	1324,731	300,3396	1029,513	507,2545	49,27129
20.30	1302,731	295,3518	1012,416	485,1445	47,91948

21.00	1313,731	302,6	1016,186	496,1995	48,82957
21.30	1175,731	289,1842	890,9793	357,5095	40,12545

Hari Sabtu, 23 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
19.00	1175,731	274,9191	905,3158	357,5095	39,49003
19.30	1315,731	304,055	1016,734	498,2095	49,00096
20.00	1186,731	273,3473	917,9505	368,5645	40,1508
20.30	1169,731	288,8992	885,2358	351,4795	39,70462

Hari Minggu, 25 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	293,8605	885,2747	356,5045	40,27049
19.00	1290,731	294,4598	1001,252	473,0845	47,24927
19.30	1208,731	280,2553	933,1179	390,6745	41,86764

Hari Senin, 26 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
19.00	1235,731	286,5155	953,9614	417,8095	43,79732
19.30	1204,731	280,266	929,0872	386,6545	41,6166
20.00	1186,731	277,9695	913,3052	368,5645	40,35502
20.30	1173,731	281,9596	896,23	355,4995	39,6661

Hari Selasa, 27 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1243,731	284,6373	963,889	425,8495	44,18035
19.00	1361,731	308,7281	1058,268	544,4395	51,44629
19.30	1351,731	306,461	1050,496	534,3895	50,8702
20.00	1350,731	306,2342	1049,719	533,3845	50,81212
20.30	1348,731	305,7808	1048,165	531,3745	50,6957
21.00	1348,731	305,7808	1048,165	531,3745	50,6957
21.30	1347,731	305,5541	1047,388	530,3695	50,63736
22.00	1320,731	299,4327	1026,405	503,2345	49,02886

Hari Rabu, 28 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	291,3525	887,7952	356,5045	40,15616
19.00	1203,731	285,9732	922,3465	385,6495	41,81178
19.30	1221,731	283,2695	943,1537	403,7395	42,80739
20.00	1252,731	290,4571	967,0851	434,8945	44,96962
20.30	1204,731	286,2107	923,1127	386,6545	41,88595
21.00	1173,731	281,9596	896,23	355,4995	39,6661
21.30	1173,731	289,8871	888,2629	355,4995	40,02187

Hari Kamis, 29 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1189,731	281,6294	912,642	371,5795	40,71471
19.00	1287,731	293,7754	998,9252	470,0695	47,05752
19.30	1343,731	304,6472	1044,279	526,3495	50,40315
20.00	1342,731	304,4205	1043,502	525,3445	50,34437
20.30	1335,731	303,773	1037,118	518,3095	49,97596
21.00	1302,731	298,1399	1009,614	485,1445	48,05248
21.30	1204,731	283,168	926,1706	386,6545	41,74765

Hari Jumat, 30 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
14.00	1238,731	291,1596	952,3091	420,8245	44,18991
15.00	1281,731	297,181	989,4725	464,0395	46,89766
16.00	1343,731	307,5231	1041,389	526,3495	50,54303
17.00	1310,731	304,9256	1010,834	493,1845	48,78984
18.00	1218,731	284,4864	938,9156	400,7245	42,6795
18.30	1352,731	308,6041	1049,347	535,3945	51,02166
19.00	1311,731	302,1393	1014,639	494,1895	48,70592
19.30	1340,731	305,8665	1040,039	523,3345	50,31875
20.00	1221,731	286,1676	940,2411	403,7395	42,94
20.30	1337,731	305,1821	1037,711	520,3195	50,14105
21.00	1344,731	306,779	1043,142	527,3545	50,55445

21.30	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
22.00	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
23.00	1339,731	305,6383	1039,263	522,3295	50,25961
24.00	1245,731	288,8341	961,6812	427,8595	44,49078

Hari Sabtu, 31 Januari 2016

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
01.00	1173,731	289,8871	888,2629	355,4995	40,02187
13.00	1175,731	289,1842	890,9793	357,5095	40,12545
14.00	1180,731	279,4989	905,7381	362,5345	40,02642
15.00	1174,731	288,9383	890,2215	356,5045	40,04672
18.00	1174,731	293,8605	885,2747	356,5045	40,27049
18.30	1341,731	307,0654	1039,839	524,3395	50,42508
19.00	1358,731	310,956	1053,014	541,4245	51,41666
19.30	1348,731	307,2088	1046,73	531,3745	50,76521
20.00	1319,731	300,6033	1024,223	502,2295	49,03516
20.30	1284,731	295,9202	993,7546	467,0545	46,99897
21.00	1386,731	318,3818	1073,691	569,5645	53,04735
21.30	1361,731	310,1699	1056,819	544,4395	51,51683
22.00	1328,731	304,0902	1029,764	511,2745	49,64969
23.00	1348,731	305,7808	1048,165	531,3745	50,6957
24.00	1379,731	326,6056	1058,391	562,5295	53,1495



LAMPIRAN 4
Tabel Hasil Analisa Data 2017

The logo of Politeknik Negeri Ujung Pandang is a circular emblem. At the top, a yellow banner contains the text "POLITEKNIK NEGERI". The center features a red Garuda bird with its wings spread, perched on a yellow banner at the bottom that reads "UJUNG PANDANG". The background of the emblem is light blue and white.

Tabel 2. Tabel Hasil Analisa Data

Hari Jumat, 6 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.00	1262,731	313,8422	953,633	444,9445	46,65783
18.30	1332,731	303,0907	1034,788	515,2945	49,79709
19.00	1331,731	302,8633	1034,012	514,2895	49,73729
19.30	1334,731	303,5456	1036,341	517,3045	49,91643
20.00	1329,731	302,4085	1032,459	512,2795	49,61742
20.03	1330,731	302,6359	1033,235	513,2845	49,6774
21.00	1563,731	359,5997	1210,152	747,4495	61,76494
21.30	1173,731	291,722	886,4189	355,4995	40,10513

Data pada Hari Minggu, 8 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
09.00	1182,731	277,997	909,2575	364,5445	40,09255
10.00	1340,731	305,8665	1040,039	523,3345	50,31875
11.00	1345,731	307,0071	1043,917	528,3595	50,61316
12.00	1340,731	305,8665	1040,039	523,3345	50,31875
13.00	1345,731	307,0071	1043,917	528,3595	50,61316
14.00	1336,731	304,9539	1036,936	519,3145	50,08164
15.00	1337,731	306,15	1036,739	520,3195	50,1881
16.00	1343,731	306,5509	1042,366	526,3495	50,49566
17.00	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038

18.00	1337,731	305,1821	1037,711	520,3195	50,14105
18.30	1347,731	307,4634	1045,469	530,3695	50,7303
19.00	1345,731	307,0071	1043,917	528,3595	50,61316
19.30	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
20.00	1334,731	304,4977	1035,384	517,3045	49,96256
20.30	1337,731	305,1821	1037,711	520,3195	50,14105
21.00	1336,731	304,9539	1036,936	519,3145	50,08164
21.30	1333,731	304,2695	1034,609	516,2995	49,90288
22.00	1331,731	303,8133	1033,057	514,2895	49,78326
23.00	1330,731	303,5851	1032,281	513,2845	49,72331
24.00	1331,731	303,8133	1033,057	514,2895	49,78326

Data pada Hari Senin, 9 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
00.00	1331,731	303,8133	1033,057	514,2895	49,78326
01.00	1243,731	289,3388	959,164	425,8495	44,39799
02.00	1240,731	288,6409	956,8504	422,8345	44,19024
03.00	1223,731	284,6861	943,74	405,7495	42,99378
04.00	1196,731	279,351	921,9667	378,6145	41,06596
05.00	1275,731	298,816	981,7994	458,0095	46,65001
06.00	1332,731	307,9836	1029,871	515,2945	50,03486
07.00	1335,731	304,7258	1036,16	518,3095	50,02215
08.00	1344,731	306,779	1043,142	527,3545	50,55445

09.00	1345,731	307,0071	1043,917	528,3595	50,61316
10.00	1336,731	305,9211	1035,964	519,3145	50,12863
11.00	1339,731	305,6383	1039,263	522,3295	50,25961
12.00	1341,731	306,0946	1040,814	524,3395	50,37781
13.00	1348,731	307,6915	1046,244	531,3745	50,78875
14.00	1350,731	308,1478	1047,796	533,3845	50,90538
15.00	1345,731	307,9808	1042,939	528,3595	50,66064
16.00	1347,731	307,4634	1045,469	530,3695	50,7303
17.00	1341,731	307,0654	1039,839	524,3395	50,42508
18.00	1342,731	307,2942	1040,614	525,3445	50,4841
18.30	1345,731	307,9808	1042,939	528,3595	50,66064
19.00	1343,731	307,5231	1041,389	526,3495	50,54303
19.30	1340,731	306,8365	1039,064	523,3345	50,36596
20.00	1336,731	305,9211	1035,964	519,3145	50,12863
20.30	1316,731	301,3439	1020,464	499,2145	48,92035
21.00	1333,731	305,2345	1033,639	516,2995	49,9497
21.30	1331,731	304,7768	1032,089	514,2895	49,82996
22.00	1333,731	305,2345	1033,639	516,2995	49,9497
23.00	1331,731	303,8133	1033,057	514,2895	49,78326
24.00	1332,731	304,0414	1033,833	515,2945	49,84311

Data pada Hari Selasa, 10 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
00.00	1332,731	304,0414	1033,833	515,2945	49,84311
01.00	1334,731	304,4977	1035,384	517,3045	49,96256
02.00	1324,731	302,2163	1027,627	507,2545	49,36173
03.00	1324,731	302,2163	1027,627	507,2545	49,36173
04.00	1323,731	301,9882	1026,851	506,2495	49,30115
05.00	1325,731	302,4445	1028,403	508,2595	49,42222
06.00	1326,731	302,6726	1029,179	509,2645	49,48262
07.00	1331,731	303,8133	1033,057	514,2895	49,78326
08.00	1343,731	306,5509	1042,366	526,3495	50,49566
09.00	1348,731	307,6915	1046,244	531,3745	50,78875
10.00	1348,731	308,6674	1045,264	531,3745	50,8364
11.00	1346,731	308,2097	1043,714	529,3645	50,71932
12.00	1350,731	309,1251	1046,814	533,3845	50,95314
13.00	1354,731	310,0405	1049,914	537,4045	51,18558
14.00	1353,731	309,8117	1049,139	536,3995	51,1276
15.00	1355,731	310,2694	1050,689	538,4095	51,24348
16.00	1350,731	309,1251	1046,814	533,3845	50,95314
17.00	1344,731	307,752	1042,164	527,3545	50,60188
18.00	1342,731	307,2942	1040,614	525,3445	50,4841
18.30	1346,731	308,2097	1043,714	529,3645	50,71932
19.00	1343,731	307,5231	1041,389	526,3495	50,54303

19.30	1343,731	307,5231	1041,389	526,3495	50,54303
20.00	1338,731	306,3788	1037,514	521,3245	50,24748
20.30	1338,731	306,3788	1037,514	521,3245	50,24748
21.00	1340,731	306,8365	1039,064	523,3345	50,36596
21.30	1339,731	306,6077	1038,289	522,3295	50,30676
22.00	1340,731	305,8665	1040,039	523,3345	50,31875
23.00	1333,731	304,2695	1034,609	516,2995	49,90288

Data pada Hari Kamis, 12 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.00	1340,731	332,5233	1013,249	523,3345	51,64917
18.30	1329,731	303,357	1031,506	512,2795	49,66327
19.00	1335,731	304,2477	1036,641	518,3095	49,99896
19.30	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
20.00	1289,731	294,2316	1000,477	472,0795	47,18546
20.30	1231,731	286,5472	949,9096	413,7895	43,56093
21.00	1151,731	269,7714	886,3693	333,3895	37,61293

Data pada Hari Jumat, 13 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1336,731	301,2183	1040,69	519,3145	49,90098
19.00	1326,731	298,5157	1033,356	509,2645	49,28257
19.30	1327,731	323,9407	1008,809	510,2695	50,58137

20.00	1223,731	298,5667	929,7899	405,7495	43,63883
22.00	1174,731	286,6117	892,5598	356,5045	39,94181

Data pada Hari Sabtu, 14 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1327,731	302,9007	1029,954	510,2695	49,54293
19.00	1340,731	305,8665	1040,039	523,3345	50,31875
19.30	1337,731	305,1821	1037,711	520,3195	50,14105
20.00	1331,731	303,3366	1033,536	514,2895	49,76018
20.30	1280,731	294,5203	991,1416	463,0345	46,71729
21.00	1174,731	282,1999	896,9936	356,5045	39,74437

Data pada Hari Minggu, 15 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085
19.00	1198,731	285,8277	917,4677	380,6245	41,48642
19.30	1224,731	283,0256	946,4137	406,7545	42,97851
20.00	1172,731	272,8215	904,4088	354,4945	39,19626
20.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085

Data pada Hari Senin, 16 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
09.00	1174,731	291,3525	887,7952	356,5045	40,15616
10.00	1257,731	291,6164	970,945	439,9195	45,30838
11.00	1345,731	307,9808	1042,939	528,3595	50,66064
12.00	1345,731	307,9808	1042,939	528,3595	50,66064
13.00	1348,731	308,6674	1045,264	531,3745	50,8364
14.00	1347,731	308,4385	1044,489	530,3695	50,7779
15.00	1349,731	308,8962	1046,039	532,3795	50,89481
16.00	1347,731	307,4634	1045,469	530,3695	50,7303
17.00	1343,731	306,5509	1042,366	526,3495	50,49566
18.00	1339,731	305,6383	1039,263	522,3295	50,25961
18.30	1344,731	306,779	1043,142	527,3545	50,55445
19.00	1337,731	305,1821	1037,711	520,3195	50,14105
19.30	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
20.00	1339,731	305,6383	1039,263	522,3295	50,25961
20.30	1338,731	305,4102	1038,487	521,3245	50,20038
21.00	1336,731	304,9539	1036,936	519,3145	50,08164
21.30	1334,731	304,4977	1035,384	517,3045	49,96256
22.00	1289,731	294,2316	1000,477	472,0795	47,18546
23.00	1261,731	291,0975	975,4865	443,9395	45,50955

Data pada Hari Selasa, 17 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
11.00	1173,731	288,6923	889,4637	355,4995	39,96785
12.00	1173,731	288,6923	889,4637	355,4995	39,96785
13.00	1174,731	288,9383	890,2215	356,5045	40,04672
14.00	1344,731	306,779	1043,142	527,3545	50,55445
15.00	1173,731	288,6923	889,4637	355,4995	39,96785
18.30	1123,731	272,0216	855,9678	305,2495	35,66133
19.00	1274,731	293,6169	986,0195	457,0045	46,34842
19.30	1239,731	285,5551	958,9466	421,8295	43,98884

Data pada Hari Rabu, 18 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1226,731	287,3387	944,0891	408,7645	43,29724
19.00	1228,731	281,2045	952,264	410,7745	43,13662
19.30	1334,731	304,4977	1035,384	517,3045	49,96256
20.00	1251,731	289,2651	967,278	433,8895	44,85675
20.30	1184,731	277,501	911,766	366,5545	40,20269
21.00	1227,731	284,6606	947,7855	409,7695	43,23441
21.30	1195,731	280,0775	920,2315	377,6095	41,03418

Data pada Hari Kamis, 19 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085
19.00	1241,731	287,9067	958,5933	423,8395	44,21474
19.30	1263,731	290,142	978,4567	445,9495	45,57682
20.00	1174,731	284,3672	894,8154	356,5045	39,84112

Data pada Hari Jumat, 20 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085
19.00	1173,731	289,8871	888,2629	355,4995	40,02187
19.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085

Data pada Hari Sabtu, 21 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
19.00	1206,731	290,9907	920,3189	388,6645	42,2315
19.30	1176,731	285,406	895,7815	358,5145	40,02254

Data pada Hari Senin, 23 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085
19.00	1341,731	305,1375	1041,776	524,3395	50,33129
19.30	1242,731	288,1385	959,3653	424,8445	44,28391
20.00	1195,731	286,1695	914,1091	377,6095	41,30902

Data pada Hari Selasa, 24 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
19.00	1283,731	295,6899	992,9811	466,0495	46,93437
19.30	1280,731	294,9989	990,6606	463,0345	46,73997
20.00	1231,731	285,5881	950,8735	413,7895	43,51678

Data pada Hari Rabu, 25 Januari 2017

Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
19.00	1174,731	290,1341	889,0197	356,5045	40,10085

Data pada Hari Senin, 30 Januari 2017

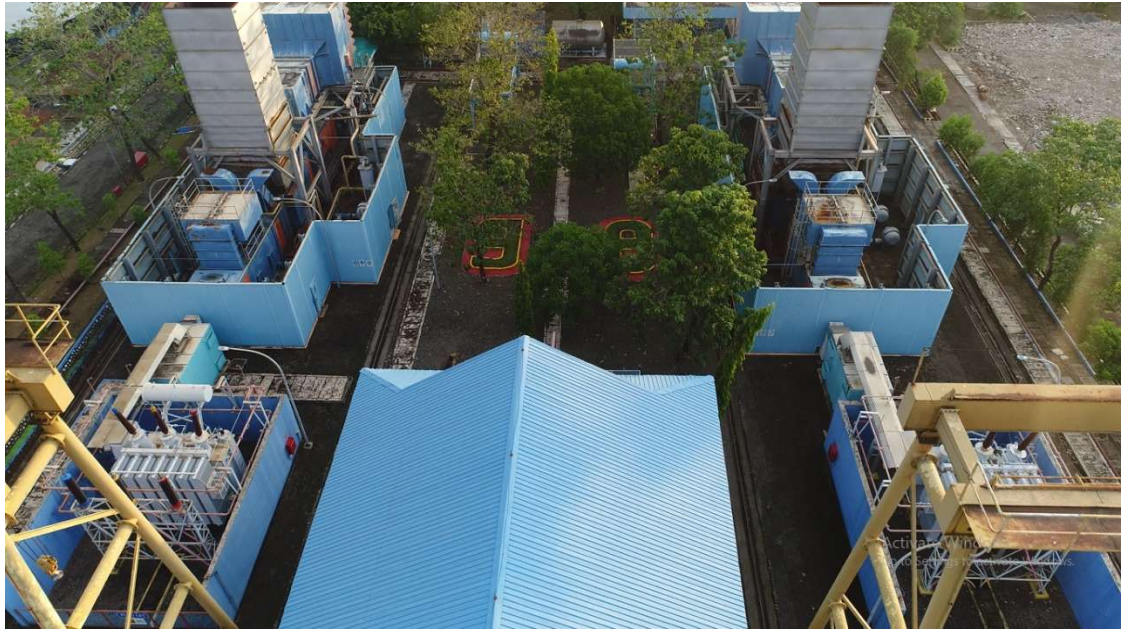
Pukul	Temperatur Ruang Bakar (K)	Temperatur Gas Buang Ideal (K)	Kerja Turbin Ideal (kJ/kg)	Kerja Turbin Aktual (kJ/kg)	Efisiensi Turbin (%)
18.30	1173,731	286,3677	891,8	355,4995	39,86314
19.00	1232,731	286,7798	950,6808	414,7945	43,63131
19.30	1173,731	289,8871	888,2629	355,4995	40,02187



LAMPIRAN 5

Layout PLTG di PT.PLN Sektor Tello





Gambar 1. Layout PLTG di PT. PLN Sektor Tello



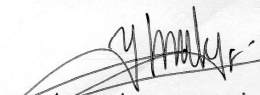
LEMBAR REVISI JUDUL SKRIPSI

Nama : Adhe Puspita
 NIM : 49217037

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Ir. Chandra Bhuana, M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - Ringkasan (Tujuan + metode + Hasil) - Lampiran 1 - daftar simbol - cek nilai C_p, rumus yg dipakai - cek perhitungan - Plot grafik mengapa hanya data 1 hari - cek kembali data 1 bulan - analisa lebih dalam mengapa tren grafik naik / turun 	1/7 ¹⁹ ACC
2.	Abdul Rahman, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> * Data commissioning / data pembandingan pd thn sebelumnya. - daftar simbol - tambahkan el-walul sebagai referensi 	1/7 ¹⁹ ACC
3.	Yiyin Klistafani, S.T., M.T.	<ul style="list-style-type: none"> - Daftar Simbol, daftar lampiran - penulisan istilah asing - ringkasan - referensi terdahulu terkait turbin gas - Bab 1 - penulisan nama gambar - analisa grafik - kesimpulan - daftar pustaka - dll sesuai revisi pd naskah revisi ETK 	2/7 ¹⁹ ACC
4.	Ir. La Ode Musa, M.T.	<ul style="list-style-type: none"> * data pembandingan tahun sebelumnya. * cek perhitungan (data LHV salah) * C_p udara, cek datanya! * data laju aliran massa udara ?? (lampirkan) 	2/7 ¹⁹ ACC

Makassar,
 Ketua / Sekretaris Panitia Ujian Sidang,


 Yiyin Klistafani, S.T., M.T.
 NIP.

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.