



HALAMAN PERNYATAAN

UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS KINERJA KOMPRESOR -LIFTING GAS- C505 DAN C3065
PADA PLATFORM OFF-SHORE WEST JAVA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

TEUKU FIRMANSYAH

0606077926

FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN

DEPOK

JULI 2010

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Teuku Firmansyah

NPM : 0606077926

Tanda Tangan :

Tanggal : 06 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Teuku Firmansyah

NPM : 0606077926

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : "ANALISIS KINERJA KOMPRESOR –LIFTING GAS- C5054
DAN C3065 PADA PLATFORM OFFSHORE WEST JAVA"

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Diputra, Dipl-Ing ()

Pembimbing II : Ir. Sunaryo, Ph.D ()

Penguji : Prof. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.sc, Ph.D ()

Penguji : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Adi Suryo Satyo, M.sc ()

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Diputra, Dipl-Ing, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ir. Sunaryo, Ph.D, Ir. M. A. Talahatu, M.T, Prof. Dr. Ir. Yanuar, M.sc, M.eng, Ir. Hadi Tresno Wibowo, Ir. Mukti Wibowo selaku dosen program studi Teknik Perkapalan yang telah menularkan ilmu dan pengalamannya.
3. Bapak Isnri Subeno, Bapak Hilfan Kalendra, Bapak AB Hartono, Bapak Slamet, dan Bapak Digus yang telah memberikan saran – saran serta informasi terkait skripsi ini.
4. Keluarga saya, yang telah sabar memberikan nasihat dan dukungannya sehingga skripsi ini terselesaikan.
5. Nurul Qomariyah yang dengan sabar selalu menemani dan memberikan semangat baik langsung maupun tidak langsung.
6. Syofwan Aldia, Jaja Setiawan, Firdy Trijuliono, Oldy Darius.S, Akbar Wicaksana, Aris Rosadi, dan rekan – rekan Teknik Perkapalan
7. Hendar Kusnandar, rekan seperjuangan dalam penyusunan skripsi ini.
8. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah disebutkan di atas. Semoga skripsi ini membawa manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2010

Teuku Firmansyah

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Teuku Firmansyah
NPM : 060607926
Program Studi : Teknik Perkapalan
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“ANALISIS KINERJA KOMPRESOR -LIFTING GAS- C505 DAN C3065
PADA PLATFORM OFF-SHORE WEST JAVA”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 06 Juli 2010

Yang menyatakan

(Teuku Firmansyah)

ABSTRAK

Nama : Teuku Firmansyah
Program Studi : Teknik Perkapalan
Judul : “ANALISIS KINERJA KOMPRESOR -LIFTING GAS- C505
DAN C3065 PADA PLATFORM OFF-SHORE WEST JAVA”

Kompresor sentrifugal merupakan salah satu peralatan yang digunakan untuk berbagai kebutuhan terkait dengan operasional suatu sumur minyak. Untuk pengambilan minyak dari dalam laut, dibutuhkan injeksi gas dimana gas bertekanan tinggi dicampur dengan minyak mentah agar mempermudah pengambilan dari atas platform. Salah satu kompresor yang digunakan untuk pengambilan gas adalah kompresor sentrifugal C505 dan C306. Pada kondisi operasional kompresor sentrifugal di lapangan, sering terjadi kondisi dimana kinerja dari kompresor tidak sesuai dengan spesifikasi kinerja yang telah ditentukan oleh pabrik. Hal ini disebabkan kompresor sentrifugal tidak beroperasi secara optimal karena adanya kerugian – kerugian selama operasi. Untuk mengetahui tingkat keoptimalan kinerja kompresor, maka diadakan evaluasi kinerja kompresor dengan menggunakan pendekatan secara empiris maupun melalui plot pada grafik spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat. Pada pendekatan empiris, dapat dicari rasio kompresi, head yang dihasilkan kompresor, debit yang dialirkan, daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan fluida gas maupun daya untuk menggerakkan poros kompresor, serta massa dari gas yang mengalir pada kompresor. Pada kompresor sentrifugal C505, head yang dihasilkan bernilai 52905,84 ft.lbf/lbm, debit aliran maksimum 4619.68 cfm, daya maksimum 3063,02 HP, dan efisiensi maksimum 62,57%. Sedangkan untuk kompresor C306, head maksimum yang diizinkan yaitu 54196,51 ft.lbf/lbm, debit maksimum 1669,48 cfm, daya maksimum 2734,34 HP, dan efisiensi maksimum yang dapat dicapai ialah 71,80 %. Data – data tersebut diatas kemudian akan dibandingkan dengan data spesifikasi yang telah dikeluarkan oleh pabrik. Evaluasi performa ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keoptimalan kinerja dari kompresor C505 dan C306. Selain itu juga diharapkan dengan pendekatan empiris dan grafis ini dapat menemukan permasalahan yang dapat menghambat kinerja kedua kompresor. Untuk mengukur tingkat keoptimalan dari suatu kinerja kompresor, maka putaran dan efisiensi yang dihasilkan dengan menggunakan pendekatan empiris harus bernilai $\pm 6\%$ dari operational point kompresor yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat kompresor. Dengan evaluasi performa kompresor ini, diharapkan dapat masukan dalam peningkatan performa kedua kompresor tersebut.

Kata kunci: kompresor sentrifugal, evaluasi kinerja, kompresor C505, kompresor C306, *operational point* kompresor.

ABSTRACT

Name : Teuku Firmansyah
Study Program : Naval Architecture
Title : "Performance Analysis of Lifting Gas Compressor C5054 and C3065 On Platform Offshore West Java "

Centrifugal compressor is one of the tools used for various needs associated with operating an oil well. To capture oil from the well sea, the required injection gas high pressure gas mixed with crude oil in order to facilitate the retrieval of the platform. One of the compressors used for gas-making is the centrifugal compressor C505 and C306. In the centrifugal compressor operating conditions in the field, the condition often occurs where the performance of the compressor is not in accordance with performance specifications that have been specified by the manufacturer. This is due to the centrifugal compressor does not operate optimally because of the losses - losses during the operation. To determine the level of performance optimalizaation of compressor, the compressor performance evaluation conducted by using an empirical approach or through a plot on the graph specifications issued by the manufacturer. In the empirical approach, the compression ratio can be searched, the resulting head compressor, a discharge that flowed, the power needed to drain the fluid gas and power to drive the compressor shaft, and the mass of gas flowing in the compressor. In the centrifugal compressor C505, head which produce is 52905.84 ft.lbf / LBM, the maximum flow rate cfm 4619.68, 3063.02 HP maximum power and maximum efficiency of 62.57%. While for the C306 compressor, head which produce is 54196.51 ft.lbf / LBM, maximum discharge cfm 1669.48, 2734.34 HP maximum power and maximum efficiency can be achieved is 71.80%. Data - The above data will then be compared with the data specification has been issued by the manufacturer. This performance evaluation aims to identify the level of the compressor performance optimalization of C505 and C306. It is also expected by the empirical approach and graphics can encounter problems that can hamper the performance of both compressors. To measure levels of optimalization of a compressor performance, the resulting rotation and efficiency by using an empirical approach must be worth $\pm 6\%$ from the operational point issued by the compressor manufacturer compressor. By evaluating the performance of this compressor

Keywords: centrifugal compressor, performance evaluation, compressor C505, C306 compressor, compressor operation point.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| UCAPAN TERIMA KASIH | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | iv |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR GRAFIK..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Pembatasan Masalah | 2 |
| 1.5 Metodologi Penelitian..... | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 3 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI..... | 5 |
| 2.1 Klasifikasi Turbin Gas | 5 |
| 2.1.1 Tipe Berdasarkan Siklus Turbin Gas..... | 5 |
| 2.1.1.1 Turbin Gas Siklus Brayton Tertutup Sederhana | 7 |
| 2.1.1.2 Turbin Gas Siklus Brayton Terbuka Sederhana..... | 7 |
| 2.1.2 Tipe Berdasarkan Poros Turbin Gas..... | 8 |
| 2.1.2.1 Turbin gas dengan poros tunggal | 8 |
| 2.1.2.2 Turbin Gas dengan Dua Poros | 9 |
| 2.1.2.3 Turbin Gas dengan Poros Gabungan..... | 10 |
| 2.2 Komponen Kompresor Set..... | 10 |
| 2.3 Turbin Gas | 11 |

| | |
|--|-----------|
| 2.3.1 Saluran Masuk Udara | 11 |
| 2.3.2 Kompresor Aksial..... | 12 |
| 2.3.3 Ruang Bakar..... | 14 |
| 2.3.4 Turbin | 15 |
| 2.3.5 Saluran Buang Gas | 16 |
| 2.4 Kompresor Sentrifugal | 17 |
| 2.4.1 Karakteristik Kompresor Sentrifugal..... | 17 |
| 2.4.2 Komponen Utama Komponen Sentrifugal..... | 18 |
| 2.4.2.1 Komponen Statis | 18 |
| 2.4.2.2 Komponen Dinamis | 22 |
| 2.4.3 Teori Dasar Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal | 23 |
| 2.4.3.1 Head | 24 |
| 2.4.3.2 Efisiensi | 26 |
| 2.4.3.3 Debit Aliran | 26 |
| 2.4.3.4 Daya | 27 |
| 2.4.3.5 Gas Propertis..... | 28 |
| 2.4.4 Parameter yang Mempengaruhi Unjuk Kerja..... | 29 |
| 2.5 Prinsip Dasar | 31 |
| 2.5.1 Prinsip Dasar Turbin Gas | 29 |
| 2.5.2 Prinsip Dasar Kompresor Sentrifugal | 29 |
| BAB 3 Kompresor Set | 33 |
| 3.1 Turbin Gas Centaur T-4702 | 45 |
| 3.2 Spesifikasi Tubin Gas Centaur..... | 36 |
| 3.3 Prinsip Kerja Turbin Gas Centaur T-4702 | 38 |
| 3.4 Sistem Pendukung Turbin Gas Solar Centaur T-4702 | 39 |
| 3.4.1 Tipe Sistem Penyalaan | 40 |
| 3.4.1.1 Prinsip Kerja Sistem Penyalaan | 40 |
| 3.4.2 Sistem Udara pada Turbin Gas Centaur T-4702 | 41 |
| 3.4.2.1 Fungsi Sistem Udara..... | 41 |
| 3.4.3 Sistem Sudu Tidak Tetap | 42 |
| 3.4.4 Sistem Minyak Pelumas..... | 42 |
| 3.4.4.1 Pengoperasian Sistem Pelumasan..... | 44 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 3.4.5 | Sistem Bahan Bakar..... | 45 |
| 3.4.5.1 | Prinsip Pembakaran Standar | 45 |
| 3.4.5.2 | Sistem Pembakaran SoLoNOx | 46 |
| 3.5 | Kompresor Sentrifugal..... | 46 |
| 3.6 | Skema Aliran Gas Pada Platform..... | 47 |
| 3.7 | Spesifikasi Kompresor Sentrifugal..... | 48 |
| 3.7.1 | Spesifikasi Kompresor Sentrifugal C505..... | 48 |
| 3.7.2 | Spesifikasi Kompresor Sentrifugal C306..... | 49 |
| 3.8 | Sistem Perapat Pada Kompresor Sentrifugal | 50 |
| 3.8.1 | Sistem Perapat Basah (<i>Wet Seal System</i>) | 50 |
| 3.8.2 | Sistem Perapat Kering (<i>Dry Seal System</i>)..... | 51 |
| 3.9 | Sistem Katup di Lapangan | 51 |
| 3.10 | Sistem Pengontrolan Surge | 54 |
| BAB 4 | PERHITUNGAN DAN ANALISA | 56 |
| 4.1 | Operational Point Kompresor Sentrifugal | 56 |
| 4.1.1 | Kompresor C5054..... | 58 |
| 4.1.2 | Kompresor C3065..... | 61 |
| 4.2 | Pengolahan Data Operasional | 63 |
| 4.2.1 | Pengolahan Data Operasional Kompresor Sentrifugal C5054 | 68 |
| 4.2.2 | Pengolahan Data Operasional Kompresor Sentrifugal C3065 | 71 |
| 4.3 | Analisis | 74 |
| 4.3.1 | Analisa Kinerja Kompresor Sentrifugal C5054 | 75 |
| 4.3.2 | Analisa Kinerja Kompresor Sentrifugal C3065 | 82 |
| BAB 5 | KESIMPULAN DAN SARAN | 87 |
| 5.1 | Kesimpulan | 87 |
| 5.2 | Saran | 88 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 89 |
| | LAMPIRAN | 90 |

DAFTAR GAMBAR

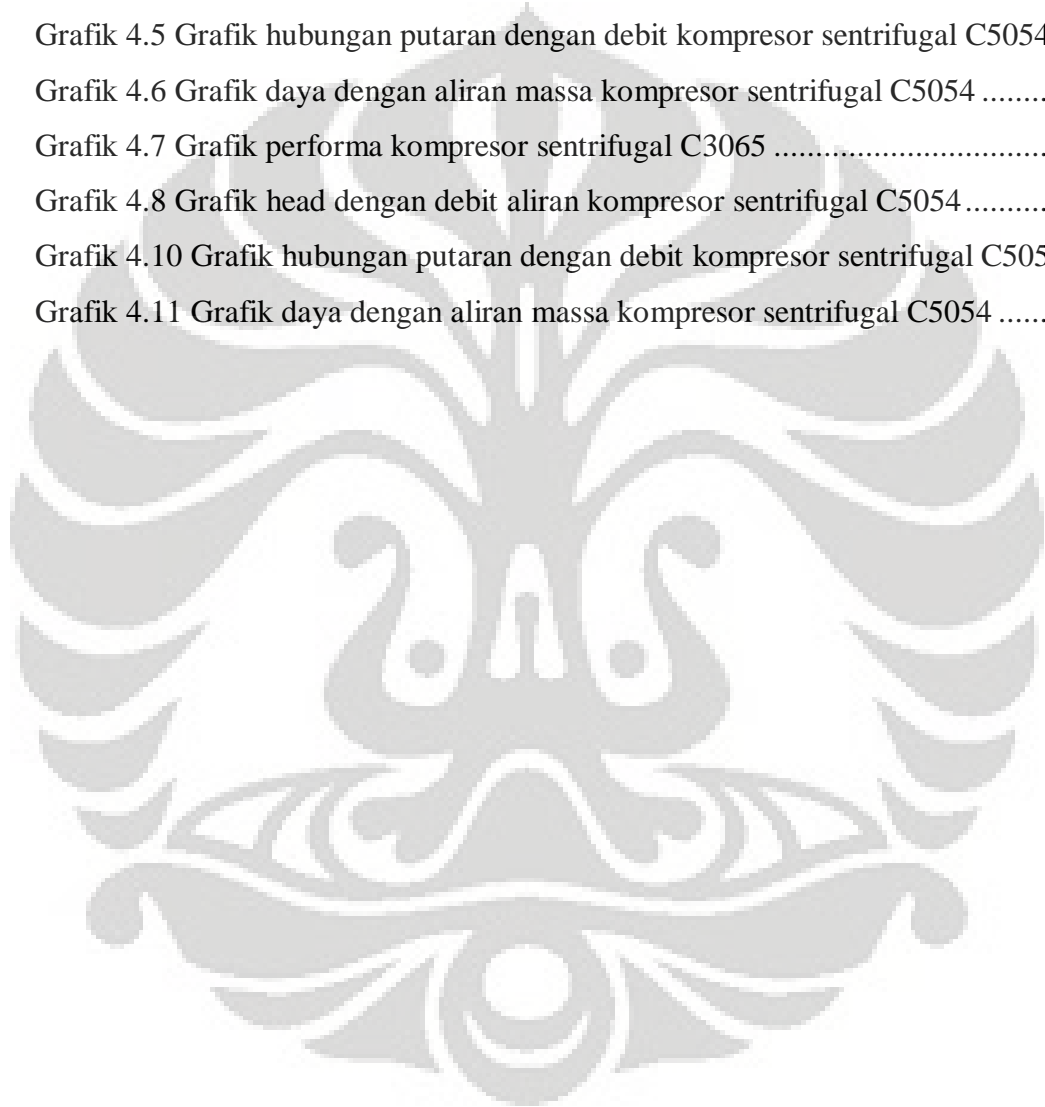
| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Turbin gas siklus terbuka sederhana..... | 5 |
| Gambar 2.2 Siklus Bryton ideal | 6 |
| Gambar 2.3 Siklus tertutup sederhana | 7 |
| Gambar 2.4 Turbin gas siklus terbuka sederhana..... | 7 |
| Gambar 2.5 Turbin gas poros tunggal..... | 8 |
| Gambar 2.6 Turbin gas dua poros dengan ruang bakar seri..... | 9 |
| Gambar 2.7 Turbin gas poros gabungan | 10 |
| Gambar 2.8 Susunan turbin gas dan kompresor set..... | 11 |
| Gambar 2.9 Susunan saluran masuk udara..... | 12 |
| Gambar 2.10 Susunan kompresor aksial..... | 13 |
| Gambar 2.11 Ruang bakar tipe annular | 14 |
| Gambar 2.12 Susunan ruang bakar..... | 15 |
| Gambar 2.13 Casing kompresor sentrifugal..... | 18 |
| Gambar 2.14 Penempatan inlet wall pada casing | 19 |
| Gambar 2.15 Penempatan guide vane pada casing..... | 19 |
| Gambar 2.16 Penempatan eye seal pada casing | 20 |
| Gambar 2.17 Penempatan diffuser pada casing | 20 |
| Gambar 2.18 Penempatan return bend pada casing | 21 |
| Gambar 2.19 Penempatan labyrinth seal pada casing..... | 21 |
| Gambar 2.20 Penempatan return channel pada casing | 21 |
| Gambar 2.21 Penempatan diafragma pada casing..... | 22 |
| Gambar 2.22 Penempatan <i>impeller, shaft, shaft sleeve</i> | 22 |
| Gambar 2.23 Konstruksi Impeller | 23 |
| Gambar 3.1 Turbin gas Centaur T-4702 | 33 |
| Gambar 3.2 Komponen eksternal turbin gas Centaur..... | 34 |
| Gambar 3.3 Aksesoris eksternal turbin gas set Centaur | 35 |
| Gambar 3.4 Skema sistem kompresor set | 36 |
| Gambar 3.5 Skema sistem turbin gas..... | 37 |
| Gambar 3.6 Skema aliran fluida pada turbin gas..... | 38 |
| Gambar 3.7 Skema aliran gas kompresor C505 dan C306 | 47 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.8 Kompresor sentrifugal C505 | 49 |
| Gambar 3.9 Kompresor sentrifugal C306 | 49 |
| Gambar 3.10 Posisi valve pada proses pembersihan | 52 |
| Gambar 3.11 Posisi valve saat kecepatan putar turbin daya 40% | 53 |
| Gambar 3.12 Sistem pengontrolan surge | 54 |
| Gambar 3.13 Surge control line..... | 55 |



DAFTAR GRAFIK

| | |
|--|----|
| Grafik 4.1 Grafik <i>operational point</i> kompresor sentrifugal C5054..... | 56 |
| Grafik 4.2 Grafik <i>operational point</i> kompresor sentrifugal C3065..... | 57 |
| Grafik 4.3 Grafik performa kompresor sentrifugal C5054 | 75 |
| Grafik 4.4 Grafik head dengan debit aliran kompresor sentrifugal C5054..... | 77 |
| Grafik 4.5 Grafik hubungan putaran dengan debit kompresor sentrifugal C5054 | 80 |
| Grafik 4.6 Grafik daya dengan aliran massa kompresor sentrifugal C5054 | 80 |
| Grafik 4.7 Grafik performa kompresor sentrifugal C3065 | 82 |
| Grafik 4.8 Grafik head dengan debit aliran kompresor sentrifugal C5054..... | 83 |
| Grafik 4.10 Grafik hubungan putaran dengan debit kompresor sentrifugal C5054 | 85 |
| Grafik 4.11 Grafik daya dengan aliran massa kompresor sentrifugal C5054 | 86 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Komposisi gas berdasarkan hasil laboratorium | 64 |
| Tabel 4.2 Ringkasan gas properties partial | 64 |
| Tabel 4.3 Perhitungan gas properties campuran..... | 64 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan parameter pokok kompresor C5054..... | 71 |
| Tabel 4.5 Hasil perhitungan parameter pokok kompresor C3065..... | 74 |



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Teuku Firmansyah

NPM : 0606077926

Program Studi : Teknik Perkapalan

Judul Skripsi : "ANALISIS KINERJA KOMPRESOR –LIFTING GAS- C5054
DAN C3065 PADA PLATFORM OFFSHORE WEST JAVA"

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. I Made Kartika Diputra, Dipl-Ing

Pembimbing II : Ir. Sunaryo, Ph.D

Penguji : Prof. Ir. Yulianto S. Nugroho, M.sc, Ph.D

Penguji : Prof. Dr. Ir. Bambang Sugiarto, M.Eng


Penguji : Dr. Ir. Adi Suryo Satyo, M.sc

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Teuku Firmansyah


NPM : 06 06 07 7926

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Kompresor lifting gas- C505⁴ dan C3065 pada platform off-shore North West Java 

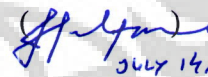
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI DARI PERUSAHAAN

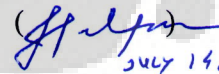
Pembimbing I : A.B Hartono

 14/07/10

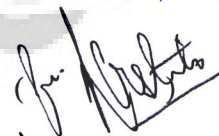
Penguji ^{FOR} : Isni Subeno

 July 14, 2010.

Penguji : Hilfan Kalendra

 July 14, 2010

Penguji : Slamet Hadi Santoso



Penguji : Degus Rustianto



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Indonesia adalah sebuah negara maritim yang memiliki area lautan yang terbentang luas. Tercatat dari beberapa fakta yang berada di media elektronik bahwa perairan nusantara memiliki areal seluas 2,8 juta km², 2,7 juta km² wilayah Zone Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) dan laut teritorial seluas 0,3 juta km² dengan berbagai potensi kekayaan alam kelautan yang dimiliki Indonesia. Kawasan laut Nusantara yang begitu luas dan didalamnya terkandung beragam potensi sumberdaya, diantaranya adalah minyak dan gas alam. Minyak dan gas alam merupakan potensi yang tersembunyi dibawah laut. Untuk mengambilnya, perusahaan perminyakan dan gas pun membangun anjungan lepas pantai yang dilengkapi dengan berbagai fasilitas, salah satunya fasilitas pengambilan gas alam. Gas alam yang diambil dari dasar laut digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain pembangkit daya, transmisi pipa, injeksi gas, penyimpanan dan pengambilan gas, dan sebagainya.

Salah satu pembangkit daya yang biasa digunakan di anjungan lepas pantai ialah turbin gas. Turbin gas merupakan suatu mesin kalor yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan mekanisme pembakaran eksternal. Energi kalor pada turbin gas dihasilkan dari pembakaran udara hasil pemampatan dan bahan bakar gas pada tekanan tetap di dalam ruang bakar. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan temperatur kerja sistem turbin untuk mendapatkan energi mekanis yang diinginkan. Turbin gas kemudian tersambung secara langsung dengan kompresor sentrifugal. Mekanisme kerja dari kompresor sentrifugal yaitu gas yang diambil dari dasar laut dan telah melewati separator masuk kedalam sistem kompresor sentrifugal. Gas yang telah melewati kompresor sentrifugal kemudian mengalami peningkatan tekanan gas dan digunakan untuk berbagai macam aplikasi, salah satunya yaitu *gas lift*.

Turbin gas memiliki kelebihan dibandingkan mesin kalor lainnya, antara lain konstruksinya yang kompak dan relatif lebih kecil, putaran yang dihasilkan

tinggi, getaran yang dihasilkan cukup kecil, torsi yang dihasilkan tinggi, biaya per satuan daya yang relatif lebih murah, dan mudah dalam pemeliharaannya. Sedangkan kompresor sentrifugal sering digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan head tinggi, aliran rendah, dan rasio tekanan tinggi. Oleh karena itu, turbin gas dan kompresor sentrifugal telah cukup banyak digunakan untuk berbagai aplikasi di dunia industri.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Tugas akhir ini akan meninjau kinerja dari dua kompresor sentrifugal yang bekerja pada anjungan lepas pantai di laut Jawa. Kinerja dari kedua kompresor ini dipantau dengan perbedaan operasional saat pagi hari dan sore hari yang kemudian akan dibandingkan dengan spesifikasi awal yang telah ditetapkan oleh pabrik pembuat set turbin gas dan kompresor sentrifugal. Turbin gas yang digunakan adalah set turbin gas Centaur 40 yang dipasangkan dengan kompresor sentrifugal tipe C5054 dan C3065. Gas alam yang digunakan ialah metana.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

1. Menganalisa kinerja kompresor sentrifugal pada suatu anjungan lepas pantai yang terletak di utara laut Jawa.
2. Menganalisa keselarasan kinerja antara turbin gas dan kompresor sentrifugal.
3. Membandingkan kinerja kompresor sentrifugal dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh pabrik.

1.4 PEMBatasan Masalah

1. Satuan yang digunakan untuk Tugas Akhir kami menggunakan British Standard.
2. Data yang digunakan untuk pengolahan data merupakan data operasi di lapangan, bukan data hasil percobaan.
3. Data yang diambil selama 2 bulan, yaitu Februari dan Maret.
4. Performa desainnya diambil dari spesifikasi standar dari pabrik.

1.5 METODOLOGI PENULISAN

Metodologi penelitian yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Konsultasi dengan dosen pembimbing
2. Studi Literatur mengenai teori dasar turbin gas dan kompresor sentrifugal
3. Studi Literatur mengenai sistem kerja kompresor sentrifugal C5054 dan C3065.
4. Pengambilan data untuk kompresor sentrifugal.
5. Melakukan perhitungan dan analisa terhadap performa kompresor sentrifugal dengan menggunakan rumus empiris yang disajikan dalam bentuk grafik.
6. Membuat Kesimpulan.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Untuk membantu memudahkan pembaca dalam memahami penelitian yang dilakukan maka pembahasan yang dilakukan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

➤ **BAB I. PENDAHULUAN**

Dalam bab ini diuraikan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

➤ **BAB II. DASAR TEORI.**

Bab ini berisi tentang teori – teori dan penjelasan yang berkaitan dengan prinsip kerja turbin gas, prinsip kerja kompresor sentrifugal, komponen – komponen dalam sebuah sistem kompresor sentrifugal serta cara memprediksi kondisi pengoperasian yang dapat memberikan kinerja yang setimbang dan selaras antara turbin gas dengan kompresor sentrifugal.

➤ **BAB III. TURBIN GAS SOLAR**

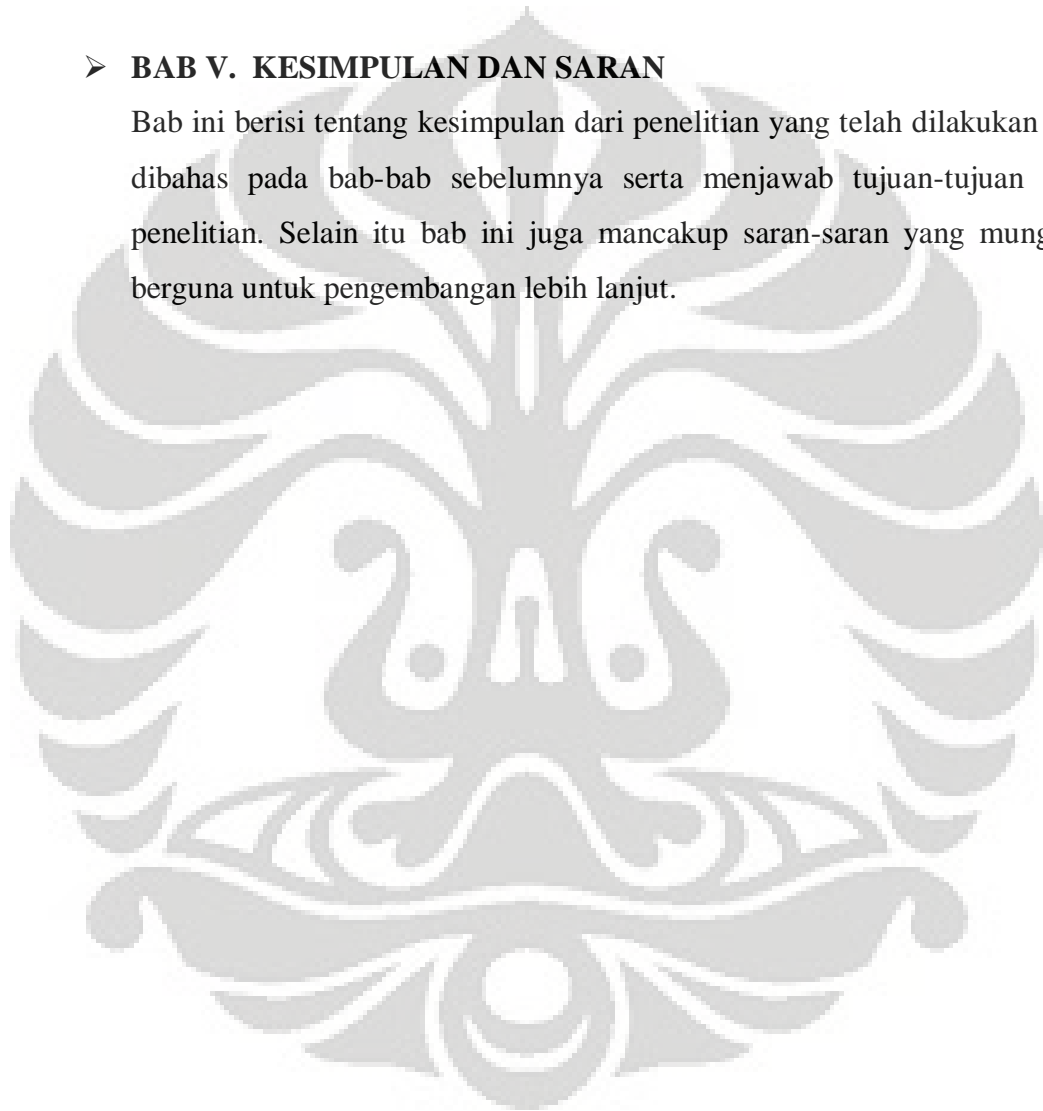
Pada bab ini berisi uraian mengenai turbin gas solar centaur 40 dan kompresor sentrifugal C5054 dan C3065.

➤ **BAB IV. DATA PENGOLAHAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi contoh perhitungan terhadap data – data pokok yang diperoleh untuk mendapatkan parameter – parameter yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik karakteristik dan analisa terhadap hasil pengolahan data – data pokok tersebut .

➤ **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan dibahas pada bab-bab sebelumnya serta menjawab tujuan-tujuan dari penelitian. Selain itu bab ini juga mencakup saran-saran yang mungkin berguna untuk pengembangan lebih lanjut.



BAB II

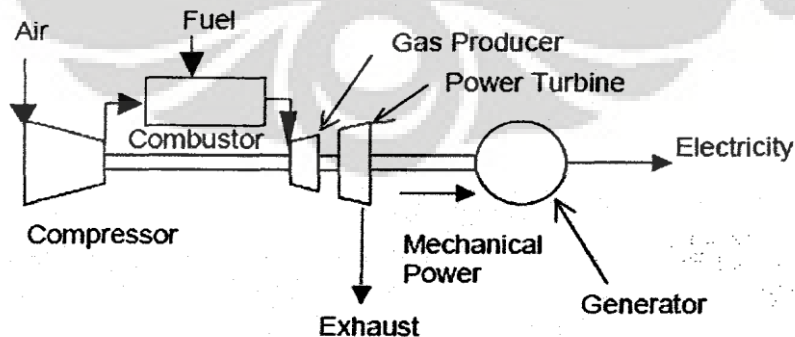
DASAR TEORI

II.1 KLASIFIKASI TURBIN GAS

Turbin gas adalah alat yang menghasilkan daya mekanikal poros yang menggerakkan alat-alat tertentu seperti pompa, kompresor atau generator listrik. Untuk menghasilkan daya penggerak tersebut, turbin gas melakukan beberapa proses, yaitu pengambilan udara, kompresi udara, pembakaran dan ekspansi. Semua proses ini erat kaitanya dengan temperatur dan tekanan yang tinggi. Maka tak heran dari tahun ke tahun perkembangan turbin gas lebih difokuskan pada pencarian material turbin yang memiliki daya tahan yang lebih tinggi terhadap temperature dan tekanan tinggi.

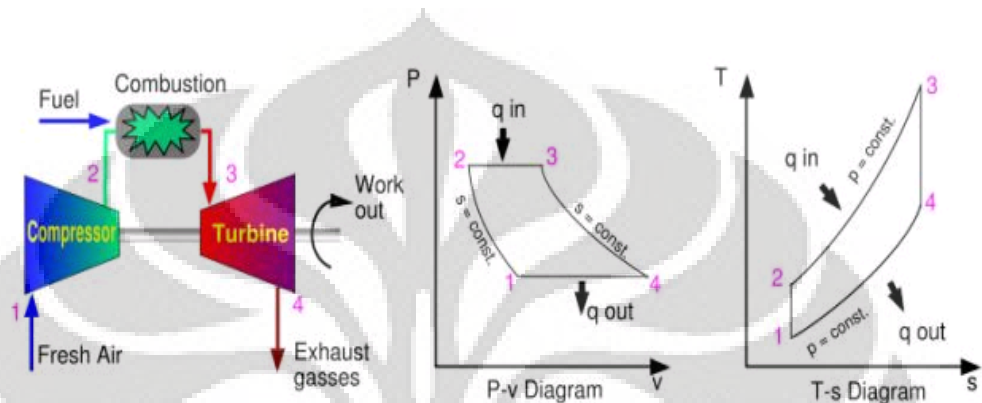
II.1.1 TIPE BERDASARKAN SIKLUS TURBIN GAS

Secara thermodynamik, proses turbin gas disebut juga dengan siklus turbin gas sederhana yang biasanya dikenal dengan siklus brayton. Siklus turbin gas sederhana ini pertama kali diajukan oleh seorang insinyur dari universitas Boston, George Brayton, pada akhir abad 19. Siklus Brayton ini terdiri dari tiga proses dasar, yaitu proses kompresi fluida yang dilanjutkan dengan penambahan kalor/panas(pembakaran) pada tekanan tetap kemudian berekspansi.



Gambar 2.1 Komponen turbin gas siklus sederhana dengan poros tunggal

Gambar 2.1 menunjukkan turbin gas dengan siklus brayton sederhana yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu kompresor yang menghisap udara ambien untuk dikompresi sehingga menghasilkan udara bertekanan, kemudian komponen ruang bakar yang berfungsi untuk penambahan energi panas dengan tekanan tetap. Udara panas hasil pembakaran ini akan berekspansi untuk menggerakkan turbin yang terhubung dengan beban seperti generator atau kompresor.



Gambar 2.2 Siklus sederhana Brayton dengan grafik P-V dan T-S

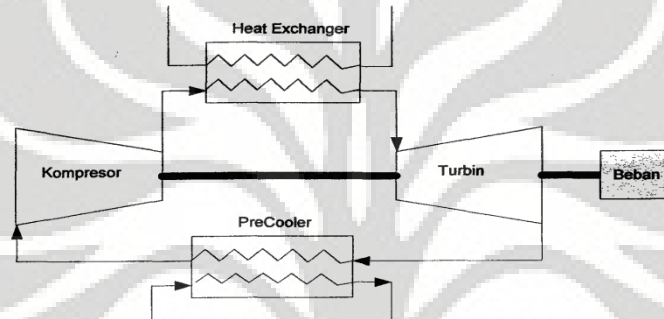
Gambar 2.2 menunjukkan siklus sederhana Brayton ideal dengan pendekatan diagram klasik hubungan tekanan – volume (PV) dan temperatur - entropi (TS). Penjelasan dari diagram diatas sebagai berikut :

- 1-2 Menunjukkan proses kompresi yang terjadi pada kompresor.
- 2-3 Menunjukkan penambahan kalor pada tekanan tetap saat terjadi proses pembakaran.
- 3-4 Menunjukkan udara dan gas panas yang berekspansi.
- 4-1 Menunjukkan proses pendinginan pada tekanan tetap.

Daya maupun energi yang dihasilkan oleh turbin gas dapat digunakan dalam berbagai macam bentuk. Hal ini dikarenakan, mesin yang menggunakan siklus bryton ini dapat diadaptasikan menjadi berbagai macam aplikasi yang telah dikembangkan. Tentunya siklus Brayton yang digunakanpun dapat divariasikan dan disesuaikan dengan perkembangan yang telah dilakukan.

II.1.1.1 Turbin gas siklus Brayton tertutup sederhana.

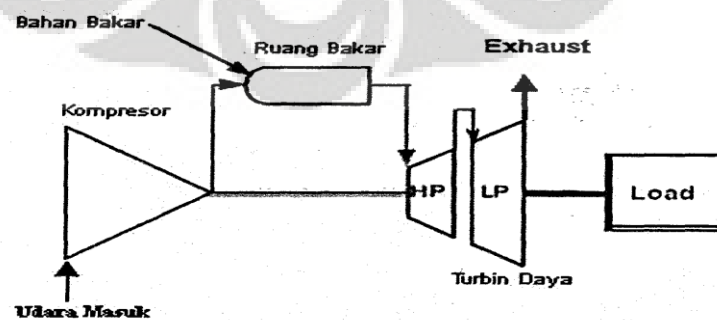
Turbin gas dengan siklus tertutup ini menggunakan fluida kerja yang mengalir pada aliran tertutup dan mengalami penambahan dan pelepasan kalor. Proses kompresi dan ekspansi yang dilakukan sama dengan proses pada siklus terbuka, sedangkan untuk proses pembakaran diganti dengan proses penambahan kalor menggunakan alat seperti heat exchanger. Setelah udara dikompresikan kemudian dipanaska oleh heat exchanger. Udara panas ini kemudian menggerakkan turbin. Udara ini lalu didinginkan dan dialirkan kembali ke kompresor.



Gambar 2.3 Siklus tertutup sederhana

II.1.1.2 Turbin gas siklus Bryton terbuka sederhana

Tipe turbin gas yang sering dipakai saat ini adalah siklus terbuka sederhana. Karakteristiknya adalah mengambil udara ambient ke kompresor sebagai substansi kerja yang setelah dikompresikan diteruskan keruang bakar. Diruang bakar, temperature dinaikan ketingkat tertentu sesuai dengan banyak bahan bakar yang dibakar, kemudian diekspansikan ke atmosfer dengan melewati turbin.



Gambar 2.4 Turbin gas siklus terbuka sederhana

Pada industri perminyakan dan gas, turbin gas yang sering digunakan adalah turbin gas siklus terbuka. Pada bagian turbin daya dari turbin gas tipe ini dihubungkan ke kompresor sentrifugal untuk menginjeksikan atau menyedot gas alam. Pada umumnya turbin set ini dibagi menjadi dua bagian utama yaitu, bagian pembangkit gas dan bagian turbin daya. Bagian pembangkit gas terdiri dari kompresor, ruang bakar dan turbin tekanan tinggi. Sedangkan bagian turbin daya terdiri dari turbin tekanan rendah.

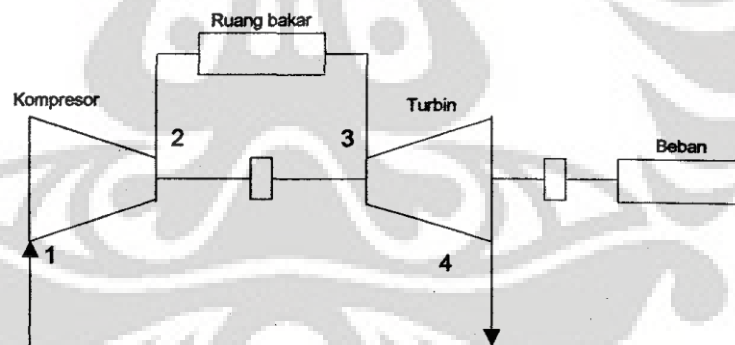
II.1.2 TIPE BERDASARKAN POROS TURBIN GAS

Berdasarkan konfigurasi poros mekaniknya, turbin gas terdiri atas :

1. Sistem turbin gas dengan poros tunggal
2. Sistem turbin gas dengan dua poros
3. Sistem turbin gas dengan poros gabungan

II.1.2.1 Turbin gas dengan poros tunggal

Turbin gas dengan sistem poros tunggal menghubungkan antara kompresor, turbin, dan beban.

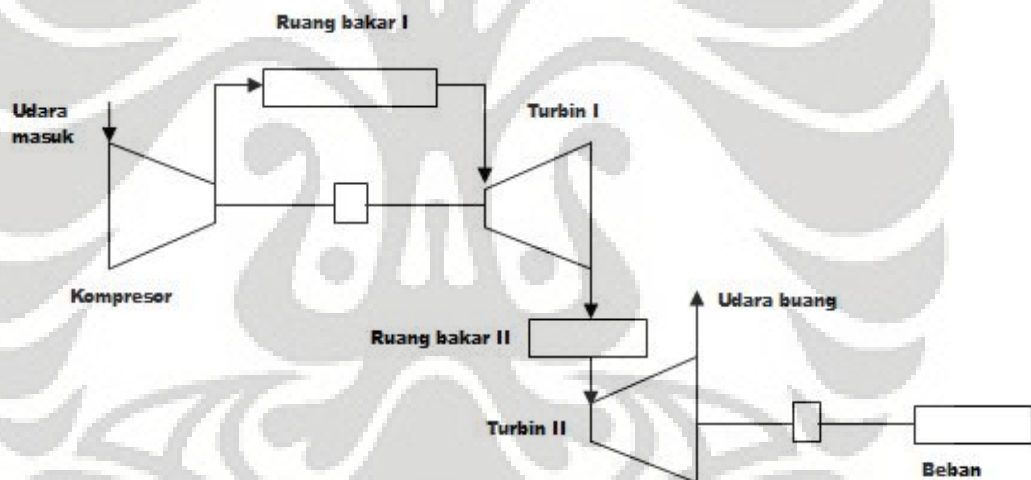


Gambar 2.5 Turbin gas poros tunggal

II.1.2.2 Turbin Gas dengan dua Poros

Sistem turbin gas dengan dua poros ini mempunyai dua unit turbin gas set yang terpisah, yaitu turbin gas penggerak kompresor dan turbin gas yang menghasilkan daya serta mengerjakan beban. Jadi, poros pertama menghubungkan turbin pembangkit gas dengan kompresor sedangkan poros yang lainnya, yaitu :

- a. Turbin gas dua poros dengan ruang bakar tunggal, merupakan sistem turbin yang sering digunakan oleh turbin gas set sekrang ini. Hanya menggunakan satu buah ruang bakar yang menghasilkan gas panas yang dialirkan ke gas generator turbin lalu ke turbin daya.
- b. Turbin gas dua poros dengan ruang bakar seri, menggunakan dua buah ruang bakar. Ruang bakar pertama mengalirkan gas panas ke gas generator. Sedangkan ruang bakar kedua, member energy panas dari gas yang dikeluarkan gas generator turbin yang kemudian dialirkan ke turbin daya.

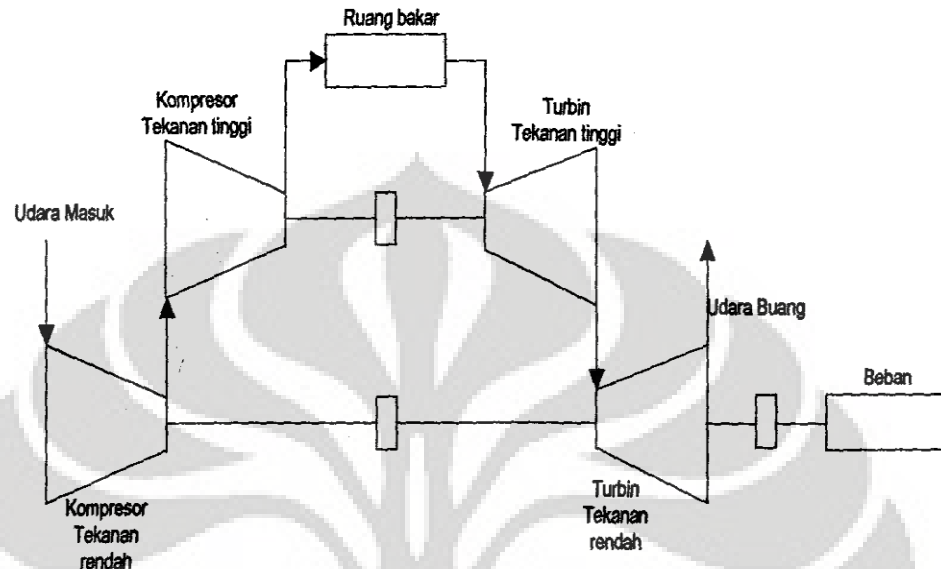


Gambar 2.6 Turbin gas 2 poros dengan ruang bakar seri

- c. Turbin gas dua poros ruang bakar paralel, juga menggunakan dua ruang bakar. Kedua ruang bakar ini mendapatkan suplai udara bertekanan dari kompresor, akan tetapi ruang bakar pertama mengalirkan gas panas ke gas generator turbin dan ruang bakar kedua mengalirkan gas panas keturbin daya.

II.1.2.3 Turbin gas dengan poros gabungan

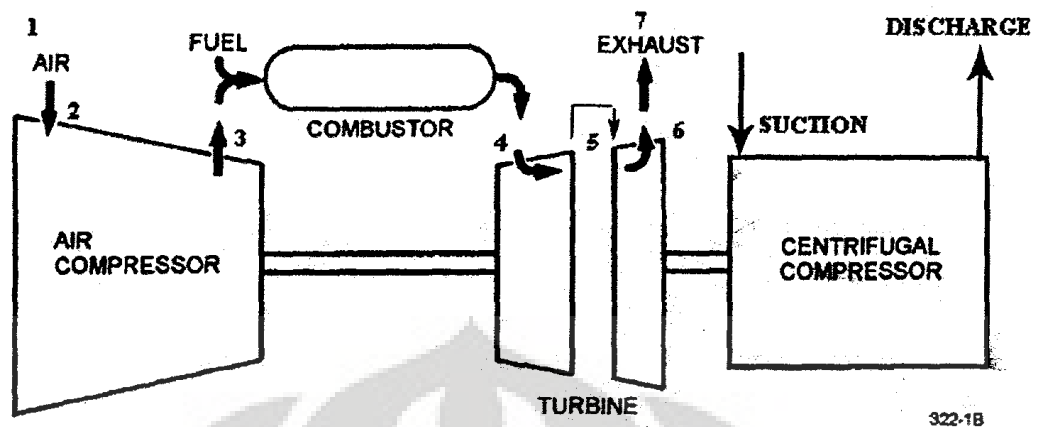
Sistem ini merupakan gabungan antar kompresor tekanan rendah dan tekanan tinggi, serta turbin tekanan rendah dan tekanan tinggi.



Gambar 2.7 Turbin gas poros gabungan

II.2 KOMPONEN KOMPRESOR SET

Dalam industri perminyakan dan gas, turbin gas biasanya digunakan untuk menggerakkan kompresor sentrifugal. Jenis turbin gas dan kompresor yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan dari konsumen. Dalam hal ini, biasanya paket turbin gas dan kompresor sentrifugal ini disebut kompresor set. Kompresor set merupakan suatu paket operasional yang terdiri dari beberapa komponen terkait yang bekerja secara selaras. Kompresor set terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain turbin gas, kompresor sentrifugal, poros penghubung antar turbin gas dengan kompresor, sistem pengontrolan dan katup - katup, serta tambahan – tambahan lain untuk mendukung operasional kompresor set. Pada kompresor sentrifugal dan turbin gas terdapat berbagai komponen di dalamnya.



Gambar 2.8 Susunan turbin gas dan kompresor set

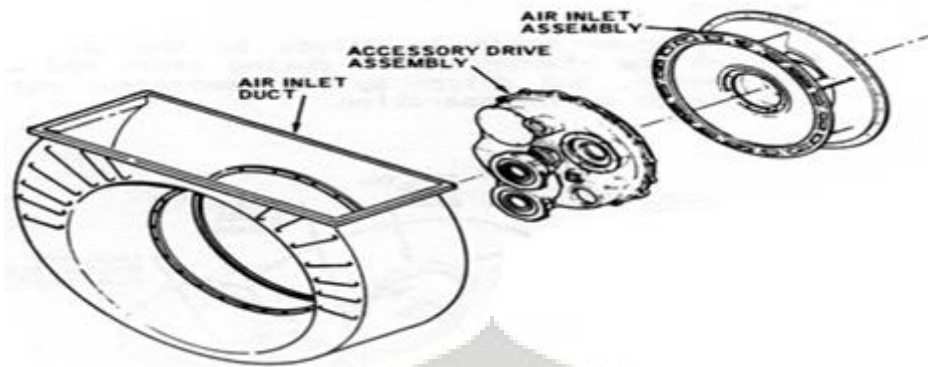
II.3 TURBIN GAS

Turbin gas terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kompresor aksial, ruang bakar, dan turbin. Namun demikian, dalam kondisi operasionalnya, turbin gas dilengkapi aksesoris pendukung, seperti saluran masuk udara (air inlet duct), saluran keluar (exhaust duct), dan roda gigi (gear box). Berikut akan dibahas mengenai komponen – komponen yang terdapat pada turbin gas.

II.3.1 Saluran masuk udara

Saluran masuk udara berfungsi sebagai filter terhadap partikel - partikel yang terbawa udara sebelum memasuki kompresor. Bagian ini terdiri antara lain:

1. *Air inlet housing* : Tempat udara masuk yang didalamnya terdapat peralatan pembersih udara.
2. *Inertia separator* : Berfungsi dalam membersihkan partikel – partikel asing yang terbawa bersama udara masuk.
3. *Main Filter* : Penyaring utama yang terdapat pada bagian dalam inlet house. Udara yang telah melewati penyaring ini masuk ke dalam kompresor aksial.
4. *Air intake Duct* : Berfungsi membagi udara agar merata ketika memasuki ruang kompresor.



Gambar 2.9 Susunan saluran masuk udara

II.3.2 Kompresor aksial

Kompresor aksial merupakan salah satu bagian yang penting dalam sistem turbin gas. Kompresor aksial berfungsi mengkompresikan udara dari saluran masuk hingga bertekanan tinggi sehingga ketika terjadi pembakaran, akan dapat menghasilkan gas panas berkecepatan tinggi yang dapat menimbulkan daya keluaran turbin yang besar. Kompresor aksial terdiri dari empat bagian, yaitu:

1. *Inlet guide vane*

Fungsi *Inlet guide vane* yaitu untuk mengatur volume dan mengarahkan udara yang akan masuk ke kompresor, disesuaikan dengan kebutuhan.

2. *Rotor assembly*

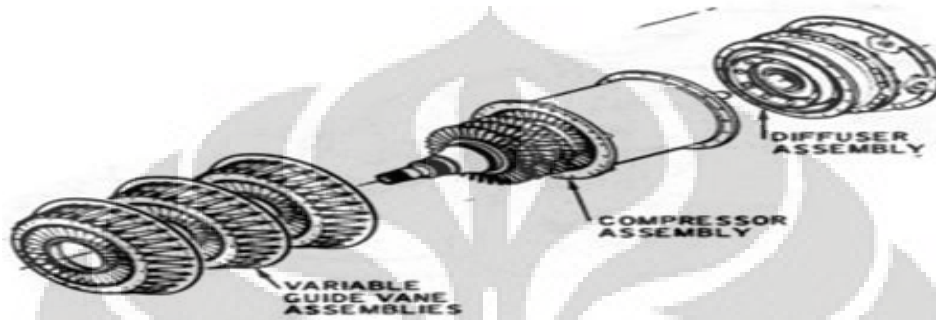
Merupakan bagian dari kompresor aksial yang berputar pada porosnya. Rotor ini memiliki 11 tingkat sudu yang mengkompresikan aliran udara secara aksial dari 1 atm menjadi 9 atm sehingga diperoleh udara bertekanan tinggi. Sudu rotor menaikkan kecepatan tangensial atau momentum aliran udara, yaitu mengubah energy kinetik dari udara. Jadi, sudu rotor kompresor memberikan energy pada aliran udara dengan menaikkan momentum angular dari udara.

3. *Stator assembly*

Stator berfungsi mengarahkan dan mengurangi kecepatan aliran udara. Dengan mengurangi kecepatan tangensial dari aliran udara, momentum angular dikonversikan menjadi tekanan. Sehingga terjadi konversi energy kinetik menjadi energy potensial.

4. Diffuser

Bagian ini terbuat dari baja yang dilas dalam proses pembuatannya. *Diffuser assembly* mendukung kerja dari *GP turbine*. Diffuser assembly berada pada belakang casing assembly dan didepan combustion case. Fungsi utama dari bagian ini adalah mengkonversi kecepatan menjadi tekanan, sehingga kecepatan udara yang akan masuk ke combustion section tidak terlalu besar.



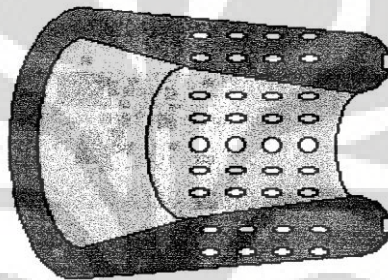
Gambar 2.10 Susunan kompresor aksial

Sebagian besar gas turbin modern menggunakan kompresor aksial, namun pada desain turbin gas yang berukuran lebih kecil digunakan kompresor sentrifugal. kompresor aksial dapat dikenali dengan barisan airfoil. sedangkan kompresor sentrifugal seperti roda yang mempunyai masukan aksial dan keluaran radial. Pada tiap tingkatan, kompresor sentrifugal dapat menciptakan head yang lebih dibandingkan kompresor aksial. Namun, kompresor aksial memiliki saluran aliran udara yang lebih besar dibandingkan kompresor sentrifugal sehingga dapat mengkompresi udara lebih banyak. Untuk alasan yang sama, kompresor aksial menghasilkan kerugian gesekan lebih kecil dibandingkan kompresor sentrifugal.

Oleh karena perbedaan tersebut, kedua kompresor tersebut mempunyai aplikasi yang berbeda. Kompresor sentrifugal sering digunakan pada aplikasi aliran rendah dan rasio tekanan yang tinggi., seperti pada pipa gas, servis sumur minyak, proses kimia, serta refrigerasi gas. Untuk kompresor aksial digunakan pada aplikasi aliran tinggi dan rasio tekanan tingkat yang rendah dan dengan efisiensi yang tinggi, seperti pada turbin gas industri.

II.3.3 Combustion Section

Pada bagian ini terjadi proses pembakaran antara bahan bakar dengan fluida kerja yang berupa udara bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi.. Fungsi ruang bakar adalah untuk menambahkan energi panas ke aliran udara, sehingga menaikkan temperature aliran udara melewati ruang bakar. Ruang bakar yang sering digunakan adalah ruang bakar tipe *annular*. Selain tipe ini ada juga ruang bakar *tubular*, dan *tubo-annular* yang merupakan kombinasi antara *tubular* dan *annular*. Dibawah ini merupakan gambar dari ruang bakar tipe *annular*.



Gambar 2.11 Ruang bakar tipe *annular*

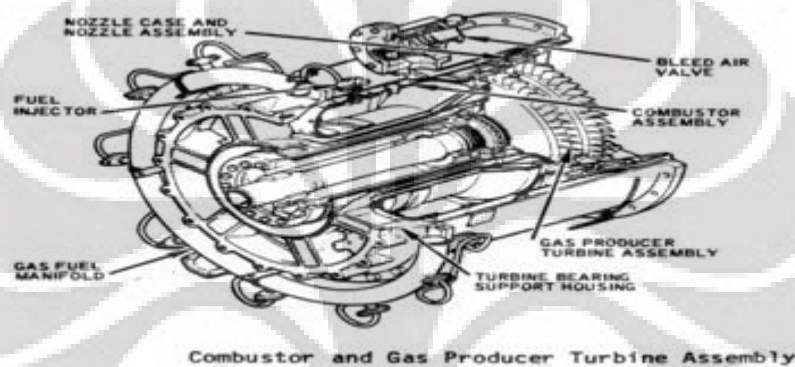
Ruang bakar tipe annular sering digunakan pada turbin gas kecil karena ruang bakar ini mengelilingi poros rotor sehingga cocok untuk kompresor aksial yang digunakan pada turbin gas. Selain itu, ruang bakar ini menggunakan ruang antar kompresor dan turbin sehingga kerugian tekanan (*pressure loss*) yang terjadi lebih rendah dan membuat mesin berdiameter minimum.

Fungsi dari keseluruhan sistem adalah untuk mensuplai energi panas ke siklus turbin. Sistem pembakaran ini terdiri dari komponen-komponen yang jumlahnya bervariasi tergantung besar frame dan penggunaan turbin gas, antara lain:

1. *Combustion Chamber*, berfungsi sebagai tempat terjadinya pencampuran antara udara bertekanan dengan bahan bakar yang masuk.
2. *Fuel Injector*, berfungsi sebagai tempat masuknya bahan bakar ke dalam *combustion liner*.
3. *Fuel Manifold*, berfungsi untuk mensuplai bahan bakar yang akan disalurkan melalui *fuel injector*.
4. *Ignitors*, berfungsi untuk memercikkan bunga api ke dalam ruang bakar sehingga campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar.

Zona pembakaran pada ruang bakar ada tiga, antara lain:

1. *Primary Zone*, merupakan tempat dimana bahan bakar berdifusi dengan udara kompresor agar membentuk campuran udara bahan bakar yang siap dibakar.
2. *Secondary Zone*, yaitu zona penyempurnaan pembakaran sebagai kelanjutan pembakaran pada primary zone.
3. *Dilution Zone*, merupakan zona yang berfungsi mereduksi temperatur gas hasil pembakaran pada keadaan gas yang diinginkan pada saat masuk *first stages nozzles*.



Gambar 2.12 Susunan ruang bakar

II.3.4 Turbin Section

Turbin section merupakan tempat terjadinya konversi energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak kompresor sentrifugal dan perlengkapan lainnya. $\pm 60\%$ dari daya total yang dihasilkan, digunakan untuk memutar kompresornya sendiri aksial, sedangkan sisanya digunakan untuk kerja. Komponen-komponen pada turbin section adalah sebagai berikut :

1. *Turbin Rotor Case*
2. *First Stage Nozzle*, berfungsi mengkonversikan tekanan menjadi kecepatan gas panas yang akan masuk ke *first stage GP Turbine*.
3. *First Stage GP Turbine*, berfungsi mengkonversikan energi kinetik dari aliran udara yang berkecepatan tinggi menjadi energi mekanik berupa putaran rotor.
4. *Second Stage Nozzle*, yang berfungsi untuk mengkonversikan tekanan menjadi kecepatan gas panas yang akan masuk ke *second stage GP Turbine*.

5. *Second GP Turbine*, berfungsi untuk menghasilkan kecepatan putar rotor yang lebih besar dengan memanfaatkan energi kinetik yang masih cukup besar dari *first stage GP Turbine*.
6. 3rd *Nozzle* yang berfungsi untuk mengkonversikan tekanan menjadi kecepatan gas panas yang akan masuk ke *PT Turbine*.
7. *PT Turbine*, berfungsi untuk memanfaatkan energy kinetik untuk dikonversi menjadi energy mekanik berupa putaran rotor yang yang nantinya akan digunakan untuk memutar kompresor sentrifugal.

Sistem turbin gas ini terdiri dan turbin produksi gas (*gas generator turbine*) dan turbin daya (*power turbine*). Turbin yang digunakan oleh hampir seluruh turbin gas adalah turbin aksial. Terdiri dan rotor dan stator yang mempunyai 1-3 tingkat. Walaupun mempunyai nama yang sama, turbin aksial mempunyai fungsi yang sangat berbeda dengan kompresor aksial. Turbin aksial, mengubah seluruh energi kinetik menjadi energi mekanik, menyerap seluruh energi aliran dan mengkonversikannya menjadi putaran poros dan torsi. Ekspansi yang terjadi mengakibatkan tekanan, temperatur, dan densitas menurun.

Aliran udara panas hasil pembakaran mengalir melewati inlet guide vane, mengalami ekspansi dan secara tangensial mengarahkan aliran sehingga tekanan dan temperatur tinggi diubah menjadi kecepatan aliran tangensial. Gas yang berekspansi ini keluar dan stator mengenai sudu turbin sehingga menggerakannya. Pada rotor, aliran udara, lebih lanjut diekspansikan dan diarahkan kembali secara tangensial. Percepatan aliran udara yang melewati laluan sudu menambah reaksi percepatan tangensial pada sudu turbin. Proses ini terus berulang sampai melewati beberapa tingkatan stator dan rotor.

II.3.5 Saluran buang gas

Saluran buang gas merupakan bagian terakhir turbin gas yang berfungsi sebagai saluran pembuangan gas panas sisa yang keluar dari turbin gas. Gas keluar dari *PT turbin* melalui *exhaust diffuser* pada *exhaust frame assembly*, lalu mengalir ke *exhaust collector* dan kemudian dibuang ke atmosfer.

II.4 KOMPRESOR SENTRIFUGAL

Kompresor sentrifugal adalah peralatan mekanik yang digunakan untuk memberikan energi kepada fluida gas, sehingga gas dapat mengalir dari suatu tempat ke tempat lain. Penambahan energi ini bisa terjadi karena adanya konversi energi mekanik ke dalam energi tekanan. Kompresor sentrifugal termasuk ke dalam kompresor dinamik, dimana kompresor ini memiliki prinsip kerja yaitu mengkonversikan energi kecepatan gas yang dibangkitkan oleh aksi yang dilakukan oleh impeller yang berputar dari energi mekanik unit penggerak menjadi energi tekanan di dalam diffuser. Unit penggerak kompresor sentrifugal kompresor sentrifugal pada penelitian ini adalah turbin gas.

Kompresor sentrifugal ini digerakkan oleh turbin daya yang merupakan salah satu bagian dari turbin gas. Kompresor sentrifugal ini digunakan di bidang perminyakan dan gas, antara lain :

- ❖ Mengumpulkan gas, kompresor sentrifugal digunakan untuk aplikasi menangani gas alam di sumur pada kepala sumur.
- ❖ Boosting, aplikasi untuk meningkatkan tekanan gas dari kepala sumur.
- ❖ Penyimpanan atau pengambilan, aplikasi dimana pipa gas diinjeksikan atau ditarik dari fasilitas penyimpanan gas.
- ❖ Transmisi, aplikasi dengan input dari tambang gas alam dan output ke kota.
- ❖ Re-injeksi gas, aplikasi yang menginjeksikan gas kembali ke lapangan untuk pemeliharaan tekanan atau konservasi.
- ❖ Gas lift, aplikasi yang menginjeksikan gas ke sumur minyak untuk dicampur dengan minyak tanah agar mempermudah pengambilan dari atas.

II.4.1 Karakteristik Kompresor Sentrifugal

Karakteristik kompresor sentrifugal secara umum sebagai berikut :

- ✓ Memiliki masukan aksial dan keluaran radial
- ✓ Mampu menciptakan head yang lebih besar dibandingkan kompresor aksial
- ✓ Aplikasi aliran rendah dan rasio tekanan yang tinggi
- ✓ Kapasitas tersedia dari kecil sampai besar
- ✓ Tekanan discharge dipengaruhi oleh density gas
- ✓ Kerugian gesek lebih besar dibandingkan kompresor jenis aksial

II.4.2 Komponen Utama Komponen Sentrifugal

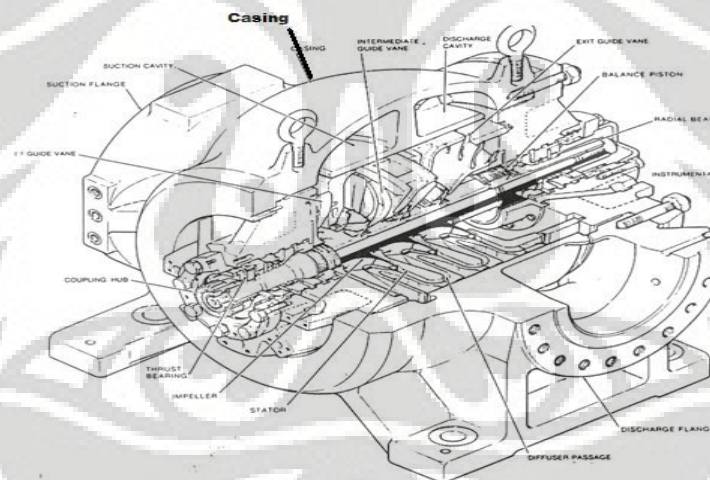
Kompresor sentrifugal terdiri dari beberapa komponen yang dinamis dan statis. Komponen – komponen tersebut terdiri dari beberapa bagian yang fungsinya saling berhubungan. Komponen yang dinamis disebut rotor dan komponen yang statis disebut juga stator. Berikut akan dijelaskan bagian dan fungsi yang terdapat pada komponen statis dan dinamis.

II.4.2.1 Komponen Statis

1. *Casing*

Casing merupakan bagian paling luar kompresor yang berfungsi :

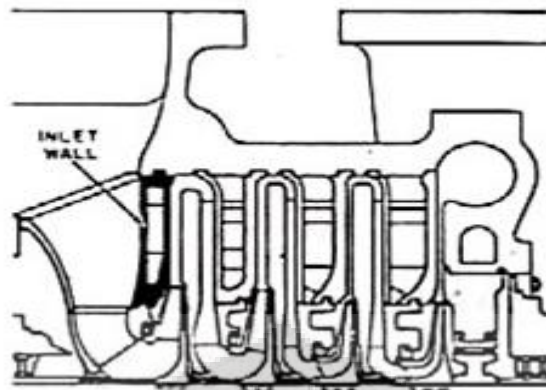
- Sebagai pelindung terhadap pengaruh mekanik dari luar.
- Sebagai pelindung dan penunpu dari bagian yang bergerak.
- Sebagai tempat kedudukan *suction port* dan *discharge port* serta bagian diam lainnya.



Gambar 2.13 Casing kompresor sentrifugal

2. *Inlet Wall*

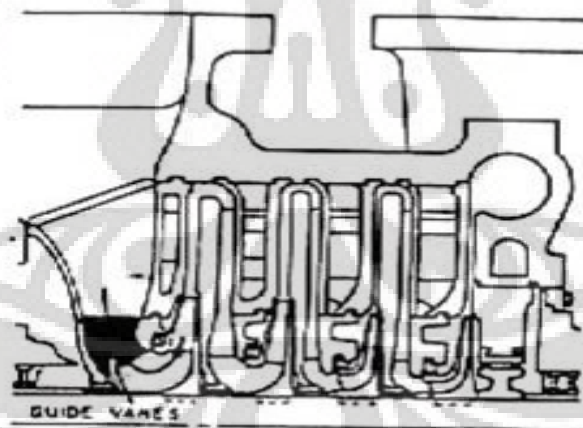
Inlet wall adalah diafragma atau dinding penyekat yang dipasang pada sisi masukan sebagai *inlet channel* dan berhubungan dengan *inlet port*. Karena berfungsi sebagai saluran gas masuk pada *stage* pertama, maka material *inlet wall* harus tahan terhadap abrasi dan erosi.



Gambar 2.14 Penempatan inlet wall pada casing

3. *Guide Vane*

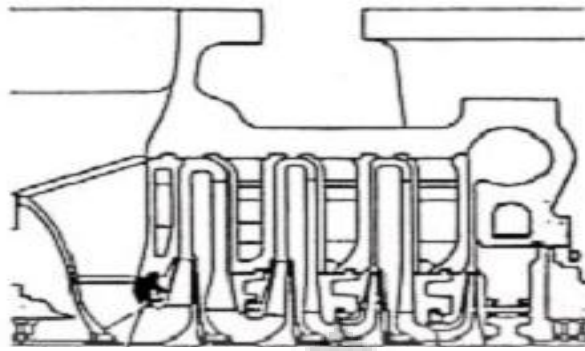
Guide vane ditempatkan pada bagian depan *eye impeller* pertama pada bagian *inlet channel*. Fungsi utama *guide vane* adalah mengarahkan aliran agar gas dapat masuk impeller dengan distribusi yang merata. Konstruksi vane terbagi dua, yaitu *fixed* dan *movable* posisi sudutnya dengan tujuan agar operasi kompresor dapat bervariasi dan dicapai efisiensi dan stabilitas yang tinggi.



Gambar 2.15 Penempatan guide vane pada casing

4. *Eye Seal*

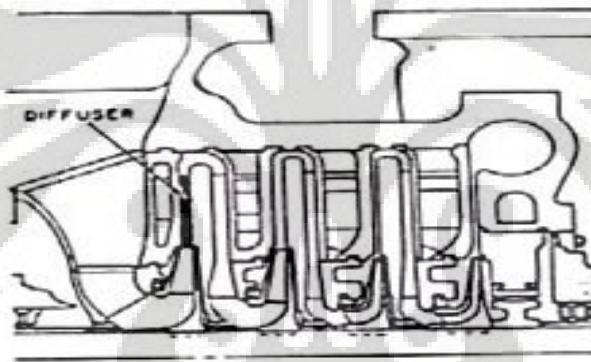
Eye seal ditempatkan di sekeliling bagian luar *eye impeller* dan di tumpu oleh *inlet wall*. *Eye seal* selalu berbentuk satu set ring logam yang mengelilingi *wearing ring impeller*. *Eye seal* memiliki fungsi dalam mencegah aliran balik dari gas yang keluar dari *discharge impeller* kembali ke sisi *suction*.



Gambar 2.16 Penempatan eye seal pada casing

5. Diffuser

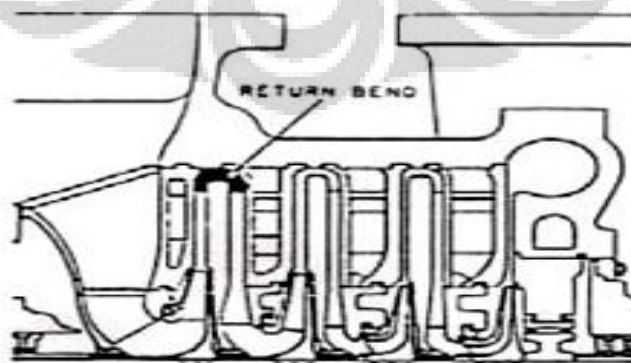
Diffuser berfungsi untuk merubah energi kecepatan yang keluar dari discharge impeller menjadi energi potensial (dinamis). Untuk multi stage dipasang diantara inter stage impeller.



Gambar 2.17 Penempatan diffuser pada casing

6. Return Bend

Return bend berfungsi membelokan arah aliran gas dari *diffuser* ke *return channel* untuk masuk pada *stage* berikutnya. *Return bend* dibentuk oleh susunan diafragma yang dipasang dalam casing.

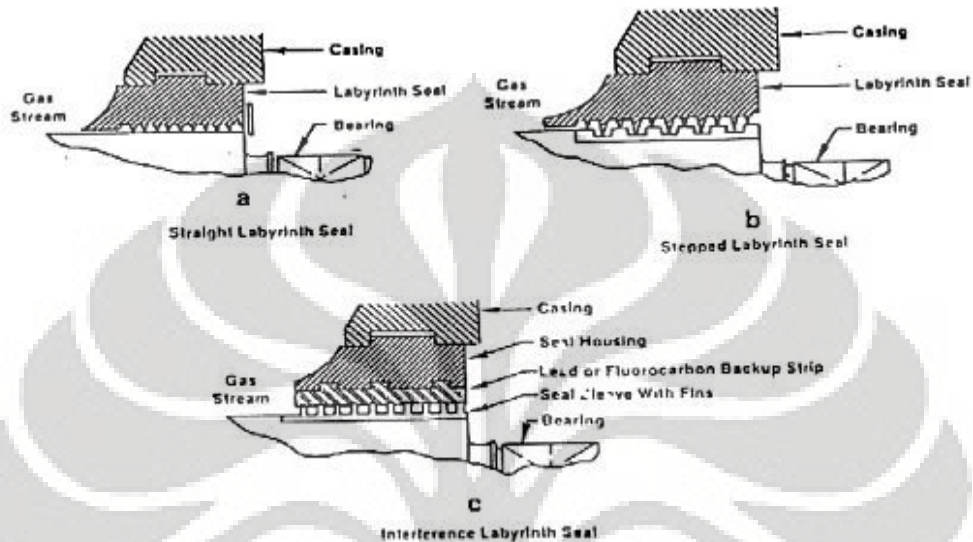


Gambar 2.18 Penempatan return bend pada casing

7. Labirinth Seal

Labirinth seal digunakan untuk menyekat pada daerah :

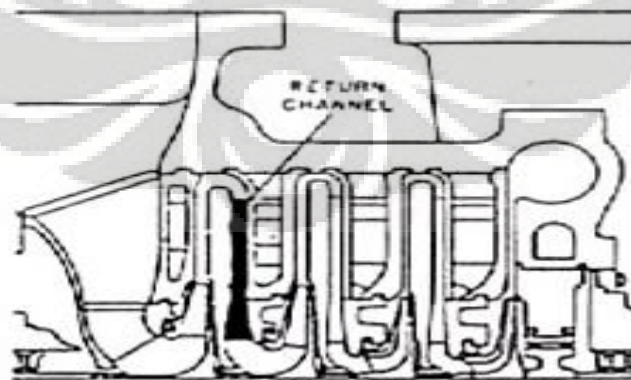
- Shaft dan diafragma sebagai shaft seal.
- Casing dan shaft sebagai casing seal.



Gambar 2.19 Penempatan labirinth seal pada casing

8. Return Channel

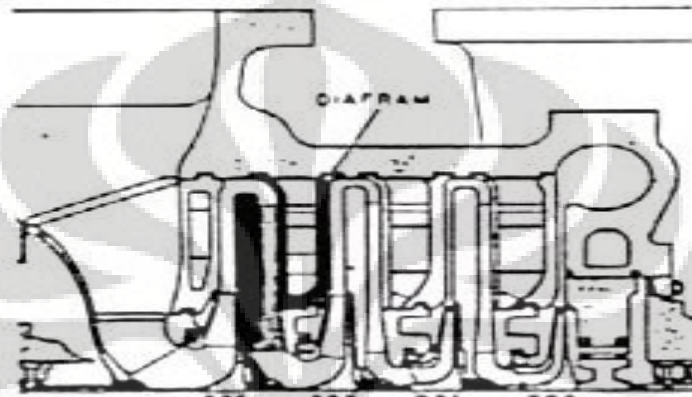
Return channel adalah saluran yang berfungsi memberi arah aliran gas dari return bend masuk ke dalam impeller berikutnya. Return channel dilengkapi dengan fixed vane dengan tujuan memperkecil turbulensi aliran gas pada saat masuk stage berikutnya sehingga dapat memperkecil vibrasi.



Gambar 2.20 Penempatan return channel pada casing

9. Diafragma

Diafragma merupakan bagian dalam kompresor yang berfungsi sebagai penyekat antar *stage* dan tempat kedudukan *eye seal* maupun *interstage seal*. Dengan pemasangan diafragma secara seri, akan terbentuk tiga bagian penting, yaitu *diffuser*, *return bend*, dan *return channel*. Diafragma ditempatkan didalam casing dengan konfigurasi *tongue-groove* sehingga mudah dibongkar pasang.

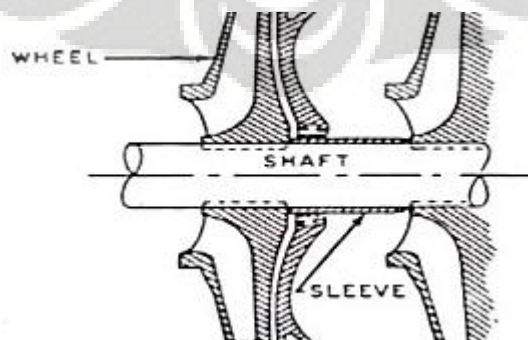


Gambar 2.21 Penempatan diafragma pada casing

II.4.2.2 Komponen Dinamis

1. Shaft and Shaft Sleeve

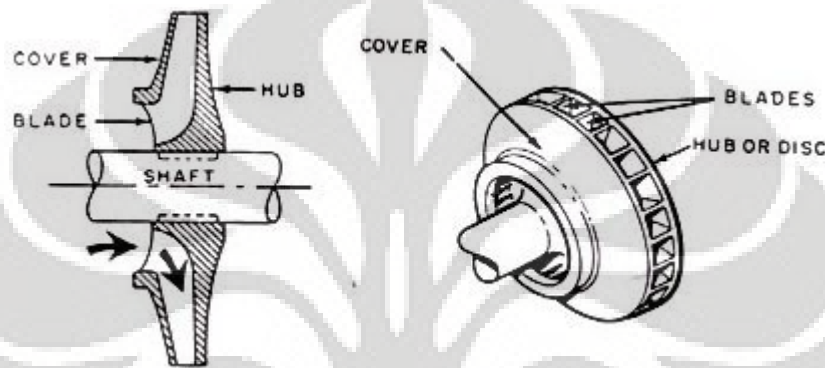
Shaft atau poros transmisi digunakan untuk mendukung impeller dan meneruskan daya dari turbin gas ke impeller. Untuk penempatan impeller pada shaft digunakan pasak. Pada kompresor multistage, posisi pasak dibuat selang-seling agar seimbang. Sedangkan jarak antar stage dari impeller digunakan *shaft sleeve* yang berfungsi sebagai pelindung shaft terhadap korosi, erosi, abrasi dari aliran dan sifat gas, serta untuk penempatan *shaft seal* diantara stage impeller.



Gambar 2.22 Penempatan *impeller*, *shaft*, dan *shaft sleeve*

2. *Impeller*

Impeller berfungsi menaikkan tekanan dan menaikkan kecepatan tangensial gas dengan mekanisme perputaran sehingga menimbulkan gaya inersia pada gas. Hal ini menyebabkan gas mengalir dari *eye impeller* ke *discharge tip*. Karena adanya perubahan jari-jari dari sumbu putar antara *tip* sudu masuk dengan *tip* sudu keluar maka terjadi kenaikan energi kinetik.



Gambar 2.23 Konstruksi *impeller*

3. *Bearing*

Bearing adalah bagian internal kompresor yang berfungsi untuk mendukung beban radial dan aksial yang berputar dengan tujuan memperkecil gesekan dan mencegah kerusakan pada komponen lainnya. Pada kompresor sentrifugal terdapat dua jenis bearing, yaitu :

a. *Journal bearing*

Digunakan untuk mendukung beban dengan arah radial (tegak lurus poros).

b. *Thrust bearing*

Digunakan untuk mendukung beban kearah aksial (sejajar poros).

II.4.3 Teori Dasar Unjuk Kerja Kompresor Sentrifugal

Unjuk kerja kompresor sentrifugal berkaitan dengan beberapa parameter utama, yaitu :

- Head
- Efisiensi
- Debit Aliran
- Daya

Untuk dapat mengetahui nilai masing-masing parameter berdasarkan kondisi operasi, maka digunakan berbagai rumus perhitungan dan proses pendekatan. Kompresor sentrifugal didalam proses kerjanya dapat ditinjau dengan menggunakan dua pendekatan :

1. Proses isentropik, yaitu proses yang menggunakan asumsi ideal, dimana proses berlangsung pada entropi konstan tanpa adanya panas yang masuk dan keluar. Namun demikian, pada kenyataannya energi panas tidak bisa diubah secara keseluruhan menjadi kerja, karena ada kerugian.
2. Proses Politropik adalah proses kerja aktual yang dihasilkan oleh kompresor.

II.4.3.1 Head

Energi dibutuhkan untuk mengubah kuantitas gas dari suatu nilai tekanan ke tekanan yang lebih tinggi. Head didefinisikan sebagai energi yang ditambahkan pada gas melalui mekanisme percepatan yang terjadi akibat perputaran impeller. Head dibutuhkan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu. Head terbagi menjadi dua, yaitu head isentropik dan head polytropik. Berikut ini akan dijabarkan lebih lengkap mengenai head pada kompresor sentrifugal.

I. Head Isentropik

Head isentropik merupakan energi per satuan massa yang diperlukan oleh kompresor pada kondisi tanpa adanya perpindahan panas pada sistem. Head isentropik mengabaikan kerugian – kerugian yang terjadi selama proses untuk mencapai rasio tekanan tertentu. Persamaan head pada kondisi isentropik, yaitu:

$$H_{isen} = 53,35 \frac{(T_1 + 459,67) \times Z_{avg}}{\left(\frac{\gamma - 1}{\gamma}\right) \times SG} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^\gamma - 1 \right]$$

H_{isen} : Head isentropik (ft.lbf/lbm)

T_1 : Temperatur masuk (°F)

Z_{avg} : Faktor kompresibilitas rata – rata saat masuk dan keluar

P_1 : Tekanan masuk (Psia)

P_2 : Tekanan keluar (Psia)

SG : Spesific gravity

γ : Rasio panas spesifik

II. Head Politropik

Head politropik merupakan energi per satuan massa yang diperlukan oleh kompresor pada proses polytropik dengan kondisi gas saat masuk dan saat keluar kompresor sama. Head polytropik merupakan head yang telah mempertimbangkan kerugian – kerugian yang terjadi selama proses penambahan energi pada aliran gas. Kerugian – kerugian mekanis dan aerodinamis merupakan suatu hal yang pasti terjadi pada mesin dinamis seperti kompresor sentrifugal. Head yang lebih besar dibutuhkan untuk mengkompensasikan kerugian yang terjadi selama proses kompresi untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu. Berikut merupakan persamaan pada kondisi polytropic :

$$H_{poly} = \frac{53,35}{SG} \times Z_{avg} \times \frac{n}{n-1} \times (T_1 + 459,67) \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

H_{poly} : Head polytropik (ft.lbf/lbm)

T_1 : Temperatur masuk (°R)

Z_{avg} : Faktor kompresibilitas rata – rata saat masuk dan keluar

P_1 : Tekanan masuk (Psia)

P_2 : Tekanan keluar (Psia)

SG : Specific gravity

n : Eksponen polytropik

Nilai n merupakan kondisi gas selama proses kompresi. nilai n membandingkan antara kondisi tekanan dan temperatur saat masuk dan keluar kompresor. Penurunan nilai n menyebabkan penurunan nilai perbandingan antara rasio temperatur dan rasio tekanan, sehingga head yang dibutuhkan pun semakin kecil. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk mencari nilai n :

$$\frac{n}{n-1} = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

Dimana :

T_1 : Temperatur masuk kompresor

T_2 : Temperatur keluar kompresor

- P₁ : Tekanan masuk kompresor
 P₂ : Tekanan keluar kompresor

II.4.3.2 Efisiensi

Efisiensi merupakan faktor penting dari suatu kerja kompresor. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara head pada kondisi isentropic dengan head yang terjadi selama proses di lapangan. Efisiensi menggambarkan kondisi yang dapat diraih oleh suatu kerja kompresor agar dapat mencapai suatu rasio tekanan tertentu. Efisiensi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\eta = \frac{H_{isen}}{H_{poly}} \times 100\%$$

II.4.3.3 Debit Aliran

Laju aliran gas pada kompresor sentrifugal dapat dinyatakan dalam berbagai bentuk seperti :

1. *Actual inlet volume flow* merupakan laju aliran yang terjadi pada tekanan dan temperatur yang terjadi di lapangan.

Persamaan untuk *actual inlet volume flow*, yaitu :

$$Q_{act} = \frac{(19.631) \times Q_{std} \times Z_1 \times (T_s + 459.67)}{P_s}$$

Dimana :

- Q : Laju aliran (cfm)
 Z₁ : Faktor kompresibilitas pada aliran masuk kompresor
 T_s : Temperatur masuk (°F)
 P_s : Tekanan masuk (Psia)
 459,67 : Faktor konversi dari °F ke °R
 Mmscfd : Laju aliran dalam keadaan tekanan dan temperatur standar

2. *Standard inlet volume flow* pada kondisi standard yaitu pada tekanan 14,7 psia dan suhu 60°F = 520° R.

3. *Mass flow rate* : laju aliran massa yang dinyatakan dalam satuan kg/s.

Persamaan untuk menghitung laju aliran massa, ialah :

$$\dot{m} = \frac{Q \times \rho}{60}$$

- \dot{m} : Laju aliran massa (lb/s)
 Q : Actual inlet volume flow (cfm)
 ρ : Densitas (lbm/ft³)
 60 : Faktor konversi menit ke detik

Sedang ρ dapat dihitung dari persamaan berikut ini :

$$PV = mRT \Rightarrow \frac{m}{V} = \frac{P}{RT}$$

Maka

$$\rho = \frac{P}{R(T + 459,67)}$$

Bila dikoreksi terhadap faktor kompresibilitas, maka persamaan densitas menjadi :

$$\rho = \frac{144 \times P_1 \times SG}{53,35 \times Z \times (T_1 + 459,67)}$$

Dimana :

- ρ : Densitas (lbm/ft³)
 P_1 : Tekanan masuk (Psia)
 T_1 : Temperatur masuk (°F)
 Z : Faktor kompresibilitas
 SG : Spesifik gravity
 459,67 : Faktor konversi dari °F ke °R
 144 : Faktor konversi dari psia ke lb/ft² (1 lb/ft² = 144 psi)
 53,35 : Konstanta gas (british unit)

II.4.3.4 Daya

Daya yang merupakan faktor penting pada kinerja kompresor sentrifugal karena berkaitan dengan aliran massa yang dapat dialirkan pada kompresor dan head yang dihasilkan selama proses kompresi. Daya pada kompresor sentrifugal terbagi menjadi dua, yaitu :

1. Daya gas

$$W_{gas} = \frac{\dot{m} \times H_{poly}}{550}$$

W_{gas} : Daya yang dibutuhkan untuk mengkompresikan gas (HP)

\dot{m} : Laju aliran massa (lb/s)

H_{poly} : Head polytropis (ft. Lbf/lbm)

$$550 \left(\frac{ft.lbf}{\frac{sec}{HP}} \right) : \text{Faktor konversi daya (HP)}$$

2. Daya kompresor

Daya kompresor merupakan perbandingan antara daya gas dengan efisiensi mekanis. Selama proses kompresi, kompresor sentrifugal mengalami kehilangan daya (*internal losses*) yang terjadi friksi pada operasi kompresor. Kerugian yang terjadi pada kompresor diasumsikan sekitar 2%. Sehingga, daya yang secara nyata dibutuhkan kompresor, yaitu :

$$W_{cc} = \frac{W_{gas}}{\eta_{mekanis}}$$

W_{cc} : Daya yang dibutuhkan kompresor (HP)

$\eta_{mekanis}$: Efisiensi mekanis (98%)

II.4.3.5 Gas Propertis

Gas properties merupakan faktor penting karena menentukan spesifik gravity dan rasio panas jenis spesifik. Panas jenis spesifik merupakan jumlah panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur per unit massa. Panas jenis spesifik (γ) merupakan rasio perbandingan antara panas jenis pada tekanan konstan (C_p) dengan panas jenis pada volume konstan (C_v). Sedangkan spesifik gravity (SG) merupakan rasio antara berat molekul gas dengan berat molekul udara. Spesifik gravity digunakan untuk menghitung energi yang ditambahkan ke gas oleh kerja kompresor. Untuk menghitung gas properties, digunakan langkah sebagai berikut :

1. Siapkan data komposisi gas campuran dengan setiap mol fraksinya.
2. Siapkan tabel berat molekul (BM), tekanan kritis (Pc), dan temperatur kritis (Tc) setiap fraksi gas.
3. Masukkan juga nilai kalor spesifik pada tekanan konstan, Cp untuk setiap gas, pada temperatur kondisi campuran. (dengan satuan berbasis mol, seperti Btu/lbm mol atau J/k mol. K).
4. Hitung dan buat daftar kontribusi dari setiap gas untuk berat molekul, tekanan kritis, temperatur kritis dan panas spesifik dengan mengalikannya dengan mol fraksi setiap gas.
5. Jumlahkan masing-masing kontribusi setiap gas hingga didapat parameter dalam kondisi campuran (BM mix, Pc mix, Tc mix dan Cp mix).
6. Hitung nilai perbandingan panas spesifik, γ dengan persamaan :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_p - 1,986} \dots\dots (\text{British unit})$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_p - 8,314} \dots\dots (\text{SI unit})$$

II.4.4 Parameter Yang Mempengaruhi Unjuk Kerja

Unjuk kerja kompresor centrifugal dipengaruhi oleh beberapa parameter, antara lain sebagai berikut :

1. Pengaruh Suhu Gas Masuk (T₁)

Bila suhu gas masuk naik menyebabkan :

- Kerapatan massa gas menurun pada kapasitas yang sama.
- Laju aliran massa yang dihasilkan menurun.
- Daya yang dibutuhkan oleh kompresor naik.
- Pressure ratio menurun.
- Begitu pula sebaliknya.

2. Pengaruh Tekanan Gas Masuk (P₁)

Pada kompresor yang beroperasi pada putaran konstan dan laju aliran volume yang sama, maka penurunan tekanan gas masuk menyebabkan :

- Laju aliran gas keluar kompresor turun.
- Tekanan gas keluar kompresor turun.
- Kebutuhan daya kompresor turun.

- Untuk menjaga tekanan gas keluar kompresor yang konstan, maka kompresor diharuskan beroperasi dengan putaran tinggi, akibatnya daya yang dibutuhkan oleh kompresor bertambah.

3. Pengaruh Jenis Gas (SG)

Bila jenis gas berubah komposisinya dan specific gravity (SG) gas turun menyebabkan :

- Laju aliran massa menurun.
- Daya yang dibutuhkan kompresor menurun.

4. Pengaruh Faktor Kompresibilitas (Z)

Faktor kompresibilitas gas sangat dipengaruhi oleh jenis/komposisi gas dan tekanan dan temperatur. Bila Z naik dan kapasitas konstan menyebabkan :

- Daya yang diperlukan kompresor naik.
- Pressure ratio menurun.

5. Pengaruh Putaran Kompresor (N)

Perubahan putaran kompresor akan berpengaruh banyak terhadap karakteristik kompresor.

Dengan kenaikan putaran kompresor mengakibatkan :

- Naiknya kapasitas/laju aliran massa sebanding dengan kenaikan putarannya.
- Naiknya head yang sesuai dengan perbandingan putaran pangkat ².
- Naiknya kebutuhan daya yang diperlukan sebanding dengan putaran pangkat ³.

Hal tersebut diatas dapat dilihat dari teori kesamaan sebagai berikut :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \quad \frac{H_2}{H_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad \frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3$$

6. Pengaruh Perubahan Diameter Luar Impeler (D2)

Perubahan ukuran diameter luar impeler mempunyai pengaruh yang sama dengan perubahan putaran. Bila ukuran diameter luar impeler diperbesar dimana kompresor beroperasi pada putaran tetap, maka menyebabkan :

- Kenaikan kapasitas sebanding dengan perbandingan kenaikan diameter.
- Kenaikan head sebanding dengan kenaikan diameter impeler pangkat 2.
- Kenaikan daya yang diperlukan kompresor sesuai dengan perbandingan kenaikan diameter impeller pangkat 3.

7. Pengaruh Laju Aliran Massa (m)

Pada kondisi awal yang sama, kenaikan laju aliran massa mengakibatkan :

- Kenaikan tenaga yang diperlukan kompresor.
- Dan begitu pula sebaliknya.

II.5 PRINSIP DASAR

II.5.1 Prinsip Dasar Turbin Gas

Turbin gas set terdiri dari kompresor aksial, ruang bakar, dan turbin. Udara diambil dari lingkungan yang kemudian mengalir ke kompresor aksial bertingkat. Tingkat dari kompresor aksial ini sangat bergantung dari seberapa besar tekanan dan kecepatan udara yang diinginkan saat akan memasuki ruang bakar. Udara dalam kompresor akan melewati rotor dan stator yang akan mengubah kecepatan menjadi tekanan yang cukup tinggi sehingga pada tingkat terakhir kompresor didapat tekanan udara yang tinggi dengan kecepatan total udara yang diusahakan tetap rendah.

Udara dari kompresor akan diteruskan ke ruang bakar. Ruang bakar yang biasanya digunakan adalah ruang bakar tipe annular dengan rata – rata injektor bahan bakar sebanyak 12 – 20 buah. Udara bertekanan tinggi kemudian memasuki ruang bakar dan bercampur dengan bahan bakar yang diinjeksikan. Selanjutnya, sistem kontrol penyalaan, menyalakan api sehingga terjadi pembakaran yang menghasilkan nyala difusi (*diffusion flame*). Pada awal penyalaan, percikan api dihasilkan oleh *ignitor*, kemudian akan terjadi pembakaran secara kontinu sehingga *ignitor* tidak digunakan lagi. Lalu, nyala difusi yang terjadi diakibatkan percampuran udara dan bahan bakar yang tidak sempurna. Pembakaran yang terjadi biasanya terjadi di daerah primer yang temperatur gas panas hasil pembakaran bisa mencapai 2200 °C. Kemudian gas panas dari zona primer memasuki zona sekunder sehingga temperatur udara turun menjadi 1550 °C.

Hal yang harus diperhatikan adalah tidak semua udara bertekanan tinggi dari kompresor digunakan untuk pembakaran. Sebagian dari udara bertekanan dialirkan ke bagian luar ruang bakar yang digunakan sebagai lapisan pendingin pada ruang bakar dan pengatur temperatur saat hasil pembakaran memasuki bagian turbin agar sesuai dengan yang dibutuhkan. Hal ini bertujuan agar ruang bakar dan sudu turbin

tidak secara langsung mengalami temperatur pembakaran yang sangat tinggi sehingga mengurangi resiko kerusakan akibat *over heating*.

Gas hasil pembakaran memiliki kecepatan yang cukup tinggi dengan tekanan udara yang diupayakan konstan. Aliran gas keluar dari ruang bakar akan mengalir ke *inlet guide vane* yang berfungsi dalam mengarahkan aliran gas panas tersebut ke turbin. Gas kemudian akan menggerakkan turbin produksi gas. Pada turbin gas set yang memiliki satu poros, putaran dari turbin produksi gas akan sama dengan turbin daya dan kompresor sentrifugal. Sedangkan untuk turbin gas dua poros, gas panas akan menggerakkan turbin produksi gas yang secara langsung menggerakkan kompresor aksial sedangkan gas dari turbin produksi gas selanjutnya diteruskan untuk menggerakkan turbin daya yang terhubung dengan kompresor sentrifugal. Selanjutnya pada siklus turbin gas sederhana, gas panas yang telah melewati turbin daya akan langsung dibuang ke lingkungan.

II.5.2 Prinsip Dasar Kompresor Sentrifugal

Kompresor sentrifugal terdiri dari casing stationer yang berisi impeller yang dapat bergerak secara rotasional yang memberikan kecepatan tinggi pada fluida, dalam hal ini gas. Fungsi dari casing adalah untuk mereduksi kecepatan keluar gas dari impeller dan mengubah energi kinetik dari gas menjadi energi tekanan statik. Zone perlambatan pada casing ini dikenal dengan nama difuser dan memiliki peran dalam meningkatkan kapasitas tekanan dari kompresor.

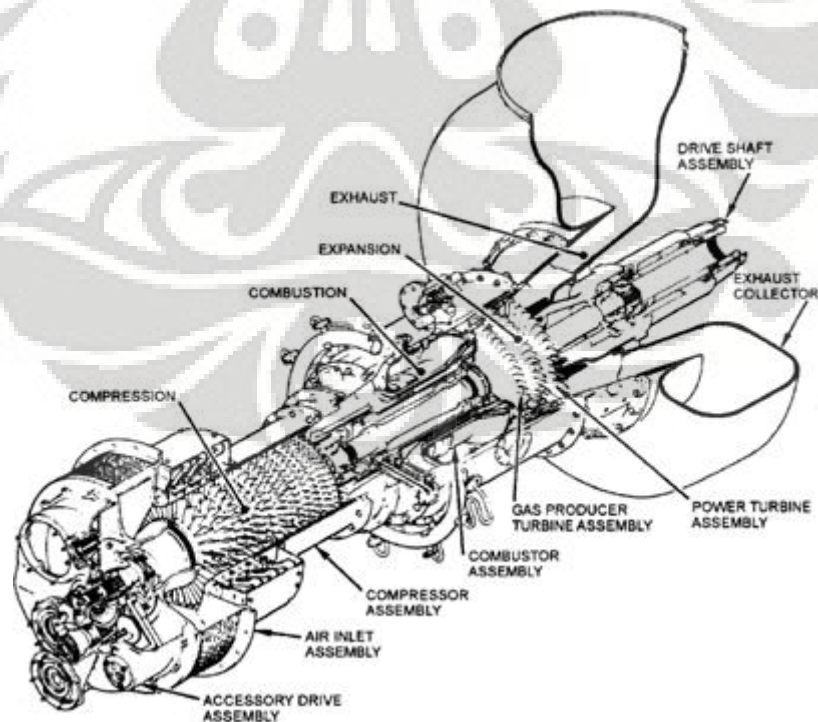
Dalam pengoperasian secara umum, gas mengalir dari inlet guide vane untuk diarahkan sebelum memasuki impeller. Gas yang dihisap dari pusat impeller dan diputar dengan kecepatan tinggi oleh sudu pada piringan impeller. Gaya inersia ditransmisikan oleh impeller dimana, gerakan rotasional dari impeller menyebabkan gas mengalami percepatan sentripetal oleh pressure head sehingga tekanan statik meningkat dari pusat impeller sampai ujung impeller. Peningkatan tekanan statik ini dipertahankan di diffuser, dimana aliran gas berkecepatan tinggi yang meninggalkan ujung impeller berkurang. Kemudian aliran gas diarahkan oleh sudu keluar dari kompresor dengan tekanan yang disesuaikan dengan kebutuhan. Pada kompresor sentrifugal, 2/3 dari peningkatan tekanan terjadi pada sudu rotor dan sisanya terjadi pada sudu stator.

BAB III

KOMPRESOR SET

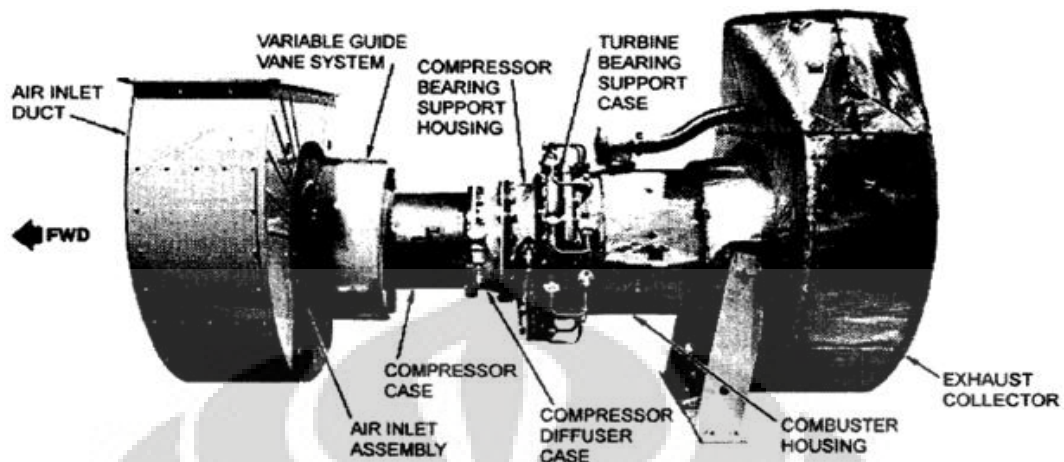
III.1 TURBIN GAS CENTAUR T-4702

Salah satu contoh turbin gas yang ada dipasaran adalah turbin gas yang di produksi oleh perusahaan solar. Perusahaan ini awalnya merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan material untuk pesawat terbang kemudian berkembang untuk membuat turbin gas untuk pesawat terbang. Selanjutnya perusahaan ini dipercaya oleh departemen kelautan amerika serikat memproduksi turbin gas sebagai sistem propulsi pada kapal, sehingga menciptakan turbin gas yang jauh lebih kecil, ringan mudah dipelihara dan dapat diandalkan dibandingkan dengan turbin gas industri lainnya. Sejak saat itu , turbin gas solar mulai dipakai oleh banyak industri. Melihat potensi pasar yang membutuhkan turbin gas kecil, ringan dan dengan daya yang lebih besar dibandingkan dari yang pertama. Saat ini perusahaan solar memproduksi turbin gas dan kompresor untuk bidang perminyakan dan gas dan bidang pembangkit listrik.



Gambar 3.1 Turbin gas set Centaur T-4702

III.1.1 Komponen turbin gas external



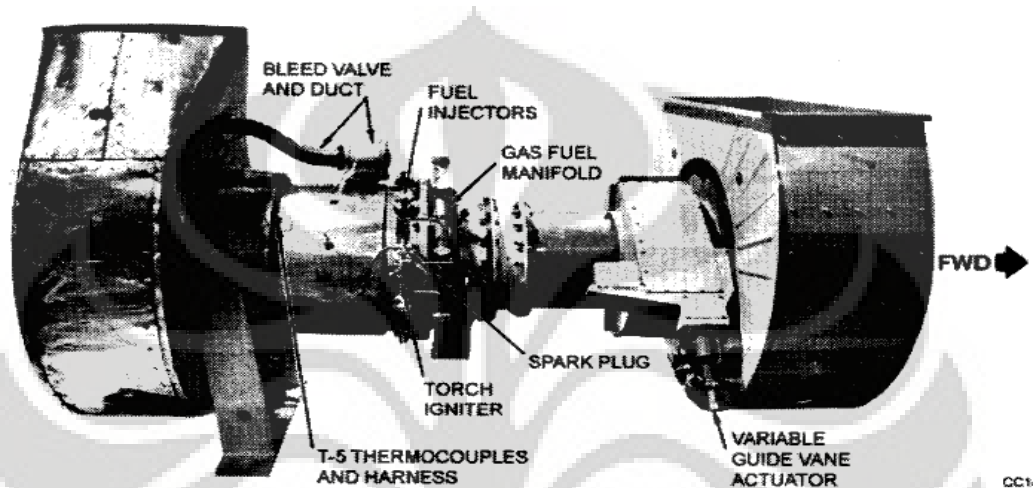
Gambar 3.2 Komponen eksternal turbin gas set Centaur T-4702

Beberapa komponen eksternal penting dalam turbin gas ini adalah:

- a. *Air inlet duct* yang merupakan komponen yang meneruskan udara ke air inlet assembly
- b. *Air inlet assembly* berfungsi untuk menyaring seluruh udara akan masuk ke mesin dan menyediakan udara untuk accessory drive assembly
- c. *Variable guide vane system* komponen berfungsi untuk mencegah terjadinya stall pada saat mesin mengalami akselerasi
- d. *Compressor case* merupakan tempat stator dan rotor berada untuk mengatur udara pada kompresor
- e. *Compressor diffuser case* merupakan bagian exit pada saat udara yang keluar dari kompresor aksial ke combuster chamber dan berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi yang bertekanan.
- f. *Compressor bearing support housing* merupakan komponen yang berfungsi sebagai pendukung *bearing* kompresor yang menyediakan lube oil masuk dan keluar mesin dan meneruskan udara ke combuster chamber.
- g. *Combuster housing* merupakan daerah yang dekat dengan combuster chamber dan *gas producer assembly* dan *combuster housing* ini merupakan tempat pemasangan *thermocouple* untuk mengukur temperatur didaerah tersebut.

- h. *Turbin bearing support case* komponen yang meneruskan aliran dari turbin bearing ke *combuster assembly*
- i. *Exhaust collector* merupakan tempat keluarnya udara hasil pembakaran yang telah melalui turbin ke udara luar (atmosfer)

III.1.2 Aksesoris tubin gas internal



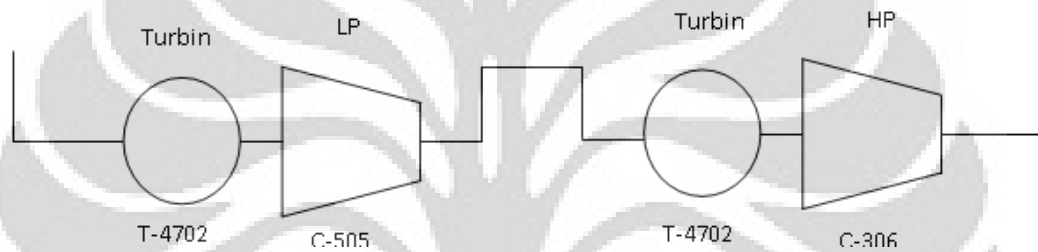
Gambar 3.3 Aksesoris eksternal turbin gas set Centaur T-4702

Aksesoris eksternal pada turbin gas Centaur T-460 antara lain:

- A. *Variable guide vane actuator* komponen yang menyediakan daya hidrolis ke *guide vane*
- B. *Gas fuel manifold* mensuplai bahan bakar gas ke *fuel injektor*
- C. *Torch igniter* dan *spark plug* memercikan api pada saat mesin sedang starting.
- D. *Fuel injector* menginjeksi fuel ke daerah *combuster chamber* untuk proses pembakaran
- E. *Bleed valve* dan *duct*: komponen yang membuang kelebihan udara selama proses starting
- F. *T-5 thermocouple* dan *harnes* mengukur temperatur pada stage ke 3 pada *nozzle* turbin.

III.2 SPESIFIKASI TURBIN GAS CENTAUR T-4702

Turbin gas yang dibahas dalam penelitian ini merupakan dua set turbin gas yang masing-masing terhubung dengan kompresor sentrifugal bertekanan rendah dan bertekanan tinggi. Kedua kompresor sentrifugal ini dipasang seri yang bertujuan mendapatkan tekanan akhir gas alam yang besar. Gas alam yang akan dikompresi akan melalui kompresor bertekanan rendah dengan rasio kompresi 1,315. Setelah dikompresi pada kompresor C505, gas kemudian dialirkan menuju intercooler untuk menjaga stabilitas dari temperatur dan spesifik gas. Kemudian gas dialirkan menuju kompresor bertekanan tinggi dengan rasio tekanan 1,249 sehingga tekanan keluar dari kompresor sentrifugal bertekanan tinggi.

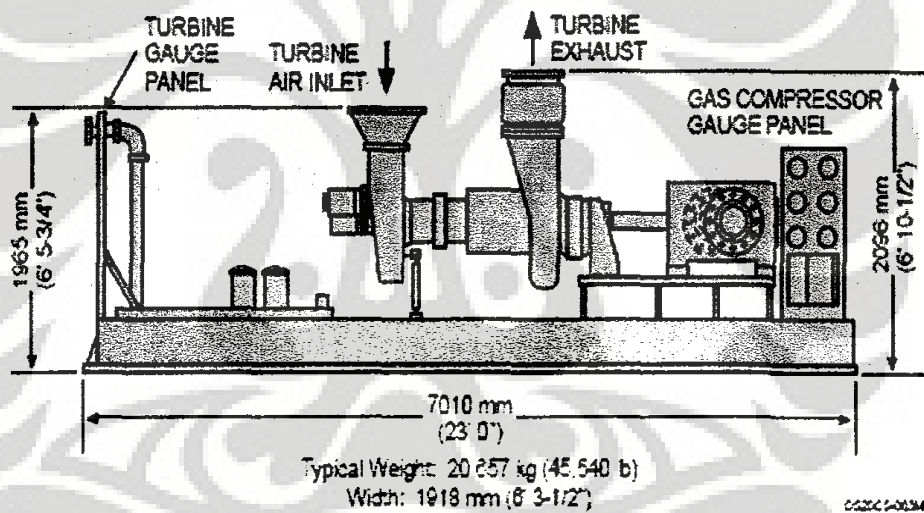


Gambar 3.4 Skema sistem kompresor set

Dalam penelitian ini turbin gas yang digunakan adalah jenis centaur T-4702 yang menggerakkan kompresor bertekanan rendah dan kompresor bertekanan tinggi dan memiliki spesifikasi pabrik sebagai berikut :

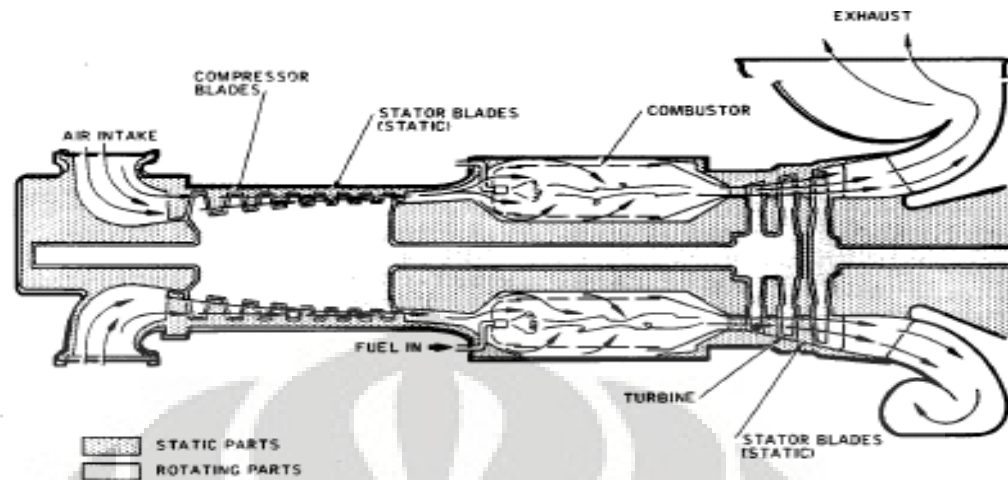
- A. Memiliki 2 poros, dimana satu poros penggerak kompresor aksial sedangkan poros lainnya menggerakkan kompresor sentrifugal.
- B. Kompresor aksial:
 - Terdiri dari sebelas tingkat
 - Rasio kompresi 10 : 1
 - Kecepatan maksimum 15500 rpm
- C. Ruang pembakaran
 - Tipe ruang bakar anular
 - Tipe pembakaran konvensional dan SoLoNO_x, 10 injektor bahan bakar (konvensional), 12 injektor bahan bakar (SoLoNO_x)
 - Sistem pembakaran = *torch ignitor system*

- D. Turbin produksi gas
 - Terdiri dari dua tingkat
 - Kecepatan max 15000 rpm
- E. Turbin daya
 - Terdiri dari satu tingkat
 - Kecepatan max 15500 rpm
- F. Bahan bakar gas alam, bahan bakar alternative
- G. System start = pneumatic dan direct- drive AC
- H. Daya keluaran max = 3500 KWC(4700 Hp)
- I. Heat rate max= 12905 KJ/KW-hr
- J. Temperature keluaran 445C (835F)
- K. Efisiensi mesin 27,9 %



Gambar 3.5 Skema sistem turbin gas

III.3 PRINSIP KERJA TURBIN GAS CENTAUR T-4702



Gambar 3.6 Skema aliran fluida turbin gas engine tipe T-4702

Gambar diatas menunjukkan potongan turbin gas Centaur T-4702 dimana terlihat aliran fluida pada daerah kompresor, ruang bakar, turbin, hingga saluran buang. Pertama kali, turbin menerima tekanan 250 Psia yang berasal dari bejana bertekanan untuk memutar *starter pneumatik* sehingga menyebabkan kompresor berputar dan kecepatan putar poros naik. Perputaran poros ini menyebabkan saluran masuk udara menghisap udara ambien. Saluran udara ini dilengkapi oleh *filter* untuk memisahkan udara dengan kontaminan asing yang terbawa oleh udara.

Pada saat kerja turbin mencapai 30% dari kerja keseluruhan, hanya starter pneumatic yang bekerja untuk memutar kompresor. Ketika kerja memasuki 30% - 60% kerja, terjadilah pembakaran pada ruang bakar namun *starter pneumatik* masih menyala. Pada saat kerja turbin tersebut mencapai 66%, *starter* tersebut melepas secara sentrifugal karena alat ini dirancang dengan mekanisme seperti yang telah dijelaskan diatas, sehingga ketika putaran turbin melewati 66 - 100% seluruhnya dihasilkan dari hasil pembakaran. Proses penyalaan turbin gas sekitar 5 menit dan ketika menit ke 25, turbin gas akan bekerja secara optimal.

Udara yang masuk saluran masuk udara memiliki tekanan 1 atmosfer. Sebelum memasuki kompresor, udara disaring sehingga udara bebas dari kontaminan asing. Ketika udara yang masuk ke turbin gas mengandung partikel – partikel tertentu, maka pada turbin gas akan terjadi deposit yang menyebabkan penurunan kerja dari turbin gas. Sebelum dialirkan ke kompresor, udara diatur volumenya oleh *inlet guide vane* sesuai kebutuhan untuk proses pembakaran.

Pada awal pembakaran, aliran udara yang diperlukan pada proses tersebut relatif sedikit karena jika udara yang masuk tidak diatur, maka akan terjadi kondisi *stall* dimana pembakaran yang terjadi menghasilkan daya yang terlalu besar, sementara putaran kompresor belum optimal.

Ketika udara telah berada dalam kompresor, udara terlebih dahulu masuk ke bagian *rotor*, lalu melewati *stator* agar udara yang berasal dari rotor dapat diarahkan sehingga udara mengalir dengan teratur. Udara kemudian mengalami peningkatan tekanan pada setiap tingkatan pada kompresor tersebut. Pada proses ini, terjadi peningkatan tekanan mengikuti persamaan eksponensial karena pada setiap tingkatan peningkatan tekanan tidak sama.

Setelah melewati kompresor, udara bertekanan kira-kira 9,9 atm dan memiliki kecepatan yang sangat tinggi lalu melewati *diffuser* dimana kecepatan udara dikonversikan ke tekanan agar ketika memasuki daerah ruang bakar, kecepatannya udara kecil. Ketika kecepatan udara terlalu besar, udara akan menghambat proses pembakaran.

Setelah melewati *diffuser*, udara bertekanan tinggi tersebut dicampur dengan bahan bakar yang diikuti dengan pembakaran yang mengakibatkan peningkatan temperatur dan entropi yang signifikan. Hasil pembakaran tersebut kemudian melewati nozzle dalam bentuk gas, dimana gas dikonversi kembali dari tekanan menjadi kecepatan sehingga gas yang memiliki kecepatan tersebut memiliki momentum untuk menggerakkan sudu - sudu turbin. Pada fase ini terjadi gaya aksi - reaksi yang menyebabkan konversi dari energi kinetik menjadi energi mekanik sehingga gas dapat memutar turbin penghasil gas dan turbin pembangkit daya. 60% dari daya yang dihasilkan turbin gas digunakan untuk memutar kompresor aksial. 30-40% dari daya sisanya digunakan oleh turbin pembangkit daya untuk memutar kompresor sentrifugal.

III.4 SISTEM PENDUKUNG TURBIN GAS CENTAUR T-4702

Untuk mengoperasikan kompresor set pertama dilapangan dibutuhkan sistem penyalan khusus. Sistem yang digunakan adalah sistem penyalan pneumatic, sitem penyalan ini berupa motor yang memutar mesin untuk mempercepat turbin agar beroperasi pada kecepatan yang dibutuhkan. Sumber energinya adalah dari tekanan gas yang ada atau udara yang dibuat di lapangan.

III.4.1 Tipe Sistem Penyalaan

Sistem penyalaan pada turbin gas ini terbagi dua, yaitu motor penyalaan dengan baling-baling (*vane tipe start motor*) dan motor penyalaan dengan turbin (*turbin tipe start motor*). Penyalaan tipe motor turbin merupakan sistem baru yang tidak memerlukan sistem pelumasan eksternal. Pada penyalaan tipe motor baling-baling, dibutuhkan otomatisasi pada baling-baling motor. Motor tipe baling-baling ini dioperasikan secara pneumatik yang menghasilkan torsi sekitar 30% dari kecepatan putar mesin untuk transfer torsi gigi dan kopling. Untuk penyalaan tipe motor turbin digunakan turbin radial berkecepatan tinggi.

Kecepatan putar tinggi yang dihasilkan oleh turbin dikurangi oleh roda gigi *planetary* menghasilkan putaran ± 6000 rpm. Putaran ini kemudian diteruskan mesin melalui *starter adapter* yang menggunakan roda gigi.

III.4.2 Prinsip kerja sistem penyalaan

Saat sistem kontrol diperintahkan untuk menyalakan mesin ataupun hanya tes putaran, maka pemberian pelumasan selama 30 detik akan dilakukan terlebih motor penyalaan akan membuka *shut-off valve*. Hal ini membuat motor penyalaan memutar mesin sampai dengan 30% dari kecepatan putar turbin penghasil gas. Untuk tes putar mesin, mesin akan berputar tanpa batas waktu hingga operator memberhentikannya. Namun demikian, durasi tes tidak boleh melebihi waktu habisnya oli pada lubrikatornya.

Bila sistem penyalaan dilakukan untuk mengoperasikan set turbin gas, maka sistem kontrol akan menentukan waktu operasi agar tercapai kecepatan putar 15% dari kecepatan turbin penghasil gas. Durasi perputaran maksimal adalah 5 menit. Pemulihan terhadap panas yang terjadi pada sistem dibutuhkan ketika pembakaran pada mesin dibutuhkan ketika kecepatan putar mesin telah melebihi 60% dari kecepatan turbin penghasil gas. Setelah sistem penyalaan dapat dipertahankan pada 60% dari kecepatan mesin, maka motor penyalaan akan dilepas dari mesin oleh kopling dan berhenti.

III.4.3 Sistem aliran udara

Pada sistem turbin gas, hal yang harus selalu tersedia adalah udara. Udara berfungsi membantu terjadinya pembakaran. Udara terlebih dahulu dikompresi oleh kompresor sebelum dipergunakan untuk proses pembakaran. Udara juga berfungsi memberi tekanan pada perapat oli, pendingin untuk piringan rotor turbin dan *nozzle* tingkat pertama, mencegah kondisi *surge* pada kecepatan kritis, dan menyediakan udara kontrol untuk sistem pembakaran. Sistem udara pada mesin sangat bergantung pada tekanan udara yang dikeluarkan oleh kompresor pada tingkat terakhir yang dilambangkan dengan *Pcd*.

III.4.3.1 Fungsi sistem udara

Sistem udara pada mesin turbin gas memiliki beberapa fungsi, antara lain:

a. Udara untuk pembakaran

Akibat putaran dari rotor kompresor, maka udara disekitar mesin akan terhisap masuk. Udara ini kemudian dikompresikan oleh kompresor sebelum dialirkan menuju ruang bakar melalui *diffuser*. Ketika berada pada ruang bakar, bahan bakar diinjeksikan sehingga terjadi difusi antara bahan bakar dengan udara. Hal ini akan mengubah udara bertekanan menjadi berkecepatan tinggi yang akan berekspansi dan mengubah energi kecepatan menjadi energi mekanik yang menggerakkan turbin lalu dikeluarkan melalui saluran pembuangan.

b. Udara keluaran

Ketika terjadi percepatan atau perlambatan kecepatan putar pada poros kompresor, untuk mencegah terjadinya kondisi *surge* maka udara berlebih akan ditarik keluar dari ruang bakar. Biasanya hal ini terjadi pada putaran mesin dibawah 75%. Untuk melakukan hal ini, digunakan katup udara keluaran (*bleed air valve*) yang bekerja pada *Pcd* dan mengarahkan udara buangan tersebut ke saluran pembuangan.

c. Pengontrol udara

Udara keluaran kompresor akan memberikan sinyal pada katup pengontrol bahan bakar. Hal ini bertujuan untuk mengatur aliran bahan bakar agar dapat menghasilkan rasio udara bahan bakar yang tepat saat percepatan.

d. Pendingin turbin

Udara berfungsi untuk mendinginkan rotor turbin. Aliran udara ini akan melewati lubang yang tersedia pada selubung bantalan kompresor ke baut *rotor* turbin. Dari tempat tersebut, udara mengalir menuju pusat piringan rotor turbin. Sebagian udara ini diarahkan untuk mendinginkan piringan rotor turbin pertama dan kedua, sedangkan sisanya diarahkan untuk mendinginkan *leading edge* dari rotor turbin tingkat pertama.

e. Pendingin *nozzle*

Aliran yang digunakan untuk mendinginkan *nozzle* ialah udara keluaran kompresor. Udara ini dikumpulkan dari sebagian udara yang tidak digunakan untuk pembakaran. Aliran udara ini mengalir memasuki lubang *nozzle* dan keluar melalui lubang *trailing edge* setiap *nozzle* tingkat pertama.

f. Perapat oli dengan tekanan udara (*oil seal pressurizing air*)

Aliran udara bertekanan dari kompresor digunakan untuk mencegah oli yang digunakan untuk pelumasan *bearing* masuk ke dalam kompresor, ruang bakar, dan bagian turbin.

III.4.3.2 Sistem sudu tidak tepat

Sistem sudu tidak tepat merupakan bagian dari sistem aliran udara karena sistem ini mengatur aliran udara yang masuk ke mesin. Sistem sudu tidak tetap ini terdapat pada bagian depan kompresor. Tujuan dari sistem ini adalah untuk menjaga performa maksimum dari kompresor saat penyalaan, percepatan dan operasi normal. Sistem ini bereaksi terhadap perubahan P_{cd} yang mengontrol secara pneumatik dan hidrolis untuk mengoperasikan perubahan sudu tingkat satu dan dua, serta sudu pengatur masukan. Perubahan posisi sudu dapat memvariasikan sudu aliran udara yang mengalir ke bagian rotor kompresor. Perubahan sudut aliran ini menetapkan karakteristik dari rasio kompresi. Saat P_{cd} berada dibawah 32 psig, sudu bergerak ke posisi maksimum terbuka.

III.4.4 Sistem minyak pelumas

Sistem ini memiliki berfungsi mendinginkan mesin dan memberi peluama bantalan (*bearing*). Selain itu, sistem ini juga berfungsi memberikan energi untuk sistem kontrol hidrolis, menyediakan minyak untuk pelumasan sistem pneumatik,

dan sumber *liquid* untuk sistem prapat basah (wet seal sistem). Untuk mencapai fungsi-fungsi tersebut, sistem pelumasan tersebut didukung oleh beberapa komponen, antara lain :

- a. Tangki minyak oli. Terdapat dua tangki minyak pelumas yang berkapasitas 500-600 gallon. Tangki ini memiliki *detector level* yang akan menunjukkan kapasitas minyak dalam tangki. Alarm menyala ketika level minyak kurang dari 464 gallon atau melebihi 624 galon. Sistem ini secara otomatis akan mematikan mesin ketika pelumas berada pada level kurang dari 400 gallon.
- b. Pompa minyak pelumas, terdapat tiga macam pompa ,yaitu:
 - Pompa pembantu saat pelumasan awal bekerja dengan tekanan sampai 20 psig dan debit 66 gpm. Pompa ini berfungsi untuk memberikan minyak pelumas untuk pelumasan motor penyalah.
 - Pompa cadangan setelah pelumasan. Setelah menghentikan kerja mesin, minyak pelumas diberikan ke bantalan-bantalan mesin dan kompresor sentrifugal yang bersuhu tinggi dengan tujuan untuk pendinginan, hal ini dilakukan oleh motor cadangan setelah pelumasan.
 - Pompa minyak pelumas utama. Pompa ini berputar sampai dengan 2000 rpm saat mesin bekerja pada kecepatan turbin 100%, sehingga mampu mengalirkan minyak 74 gpm pada tekanan 55 psig. Sedangkan mesin dan aksesorisnya memerlukan total aliran pelumasan hanya 60 gpm.
- c. Penyaringan minyak pelumas. Semua mesin turbin gas telah dilengkapi dengan sistem penyaringan rangkap, yang terdiri dari dua unit identik penyaring. Setiap penyaringan mempunyai kapasitas 19 gallon dan tiga buah 5 mikron elemen penyaring yang dapat diganti.
- d. Pengontrol tekanan minyak pelumas. Tekanan minyak diatur oleh PCV 901, yang merupakan alat pengatur besar bekerja dengan mengalirkan kembali kelebihan minyak pelumas dari pompa utama pelumas ke tangki minyak. Alat ini akan menjaga agar minyak yang mengalir tetap bertekanan 55 psig.
- e. Pengontrol temperatur minyak pelumas. Agar mesin dapat bekerja semestinya maka temperatur minyak harus dikontrol dalam *range* operasi. Oleh karena itu, sistem ini dilengkapi pendingin dan pemanas minyak jika minyak terlalu panas saat beroperasi akan menyebabkan minyak tersebut kehilangan

viskositasnya sehingga terlalu cair. Temperatur normal minyak pelumas saat mesin beroperasi adalah 140 °F

- f. Pemantau tekanan, temperature dan level. Untuk memonitor tekanan digunakan *oil pressure transducer*, sedangkan untuk temperature dipasang indikator temperatur yang menggunakan sensor dengan skala 40 °F - 340 °F yang disebut *resistance temperature drive (RTD)*. Untuk memonitor level kapasitas pada tangki digunakan saklar level yang dilengkapi alarm.

III.4.4.1 Pengoperasian sistem pelumasan

Pada saat penyalaan, pompa cadangan untuk pelumasan akhir akan dihidupkan juga untuk tes kerjanya selama 30 detik per siklus. Pompa harus mencapai tekanan minyak sebesar 6 psig. Jika pompa tidak mencapai tekanan sebesar itu dalam waktu 30 detik, maka secara otomatis penyalaan mesin dibatalkan. Jika pompa mampu mengalirkan minyak dengan tekanan 6 psig maka waktu kembali disesuaikan untuk 30 detik dan pompa cadangan dimatikan serta pompa pembantu pelumasan awal akan diaktifkan untuk siklus waktu 30 detik. Pompa pembantu pelumasan ini harus bekerja pada tekanan minimal 6 psig dan maksimum 20 psig. Selanjutnya dalam 30 detik, mesin berputar untuk proses pembersihan. Selama proses ini, pompa minyak pelumas utama mulai memberikan pelumasan ke sistem. kemudian proses penyalaan dilanjutkan ke fase pembakaran dan percepatan. Saat proses tersebut minyak pelumas disuplai oleh kedua pompa pelumasan awal dan pompa minyak utama.

Pada saat kecepatan mesin mencapai 65%, sistem pengontrol akan mengoreksi tekanan minyak. Jika tekanan minyak mencapai 45 psig, pompa pembantu pelumasan awal dimatikan dan proses penyalaan berlanjut secara normal. Jika tekanan hanya berkisar 25 psig – 45 psig, maka pompa pembantu pelumasan awal dimatikan pada kondisi penyalaan yang diteruskan, tetapi alarm tekanan pompa rendah menyala. Jika tekanan dibawah 25 psig maka proses penyalaan dihentikan, pompa pembantu pelumasan awal tetap menyala sedangkan pompa utama dihentikan.

Saat akan menghentikan mesin, pompa pembantu pelumasan awal dinyalakan kembali selama 55 menit ketika kecepatan mesin menurun menjadi

65% dan tekanan minyak mencapai 35 psig. Hal ini bertujuan untuk pelumasan akhir mesin. Jika pada saat pelumasan akhir mesin pompa pembantu pelumasan awal tidak mampu mempertahankan tekanan 6 psig, maka pompa cadangan untuk pelumasan akhir akan diaktifkan.

III.4.5 Sistem bahan bakar

Sistem bahan bakar berfungsi memberikan bahan bakar dengan tekanan tertentu dan mengalirkan ke injektor di ruang bakar. Sistem ini secara otomatis menjadwalkan bahan bakar untuk percepatan dan mengatur bahan bakar selama pengoperasian. Pada turbin gas Centaur T-4702, terdapat dua buah sistem bahan bakar, yaitu sistem bahan bakar standard dan sistem bahan bakar SoLoNOx.

III.4.5.1 Prinsip pembakaran standar

Bahan bakar diinjeksikan ke ruang bakar melalui lubang tetap atau saluran injektor. Bahan bakar dan udara bertekanan kemudian diinjeksikan bersamaan dan bercampur di dalam ruang bakar yang selanjutnya dinyalakan pada zona pembakaran. Tipe injeksi seperti ini disebut injeksi bahan bakar difusi. Pencampuran udara dengan bahan bakar yang dilanjutkan dengan pembakaran, menghasilkan pembakaran yang tidak merata dengan *range* temperatur 2000 - 4000 °F. Temperatur yang sangat besar ini mendukung terciptanya NOx dan CO. Pada temperature reaksi yang lebih tinggi, konsentrasi NOx yang dihasilkan akan lebih tinggi. Sedangkan CO diproduksi sebagai hasil dari oksidasi hidrokarbon bahan bakar. Pada temperatur reaksi yang tinggi, produk ini beroksidasi menjadi CO₂, sedangkan pada temperature reaksi yang lebih rendah sekitar 2700 °F, molekul CO keluar dari zona pembakaran tanpa bereaksi. Hal ini dapat diakibatkan oleh reaksi tidak sempurna saat udara pendingin memasuki tepi ruang bakar melalui lubang difusi. Hasilnya yaitu emisi CO sebagai produk pembakaran.

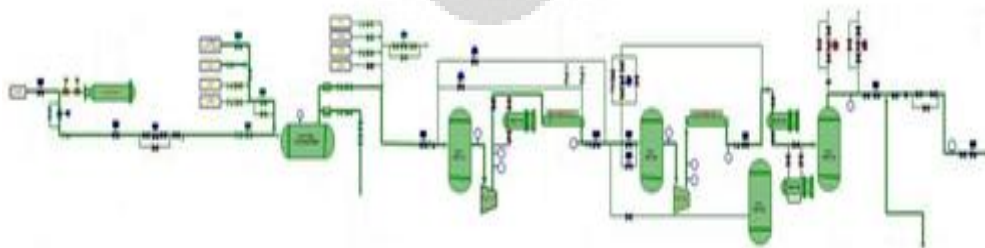
III.4.5.2 Sistem pembakaran SoLoNOx

Sistem pembakaran SoLoNOx disebut juga pembakaran dengan campuran miskin. Bahan bakar dan aliran udara dicampur terlebih dahulu pada saluran pencampuran miskin. Percampuran ini dilakukan terlebih dahulu sebelum masuk ke ruang bakar. Hasil pembakaran NOx dan CO dapat dikontrol pada level tertentu. Namun, NOx akan meningkat jika temperatur meningkat signifikan dan CO akan meningkat jika temperatur turun secara signifikan. Tujuan SoLoNOx adalah mengontrol keluaran NOx dan CO dengan menstabilkan temperature pembakaran.

III.5 KOMPRESOR SENTRIFUGAL

Turbin gas Centaur 47 digunakan untuk berbagai macam aplikasi, salah satunya ialah menggerakkan kompresor sentrifugal. Kompresor sentrifugal yang digunakan ialah kompresor sentrifugal jenis C5054 dan C3065, yang bekerja saling berurutan untuk aplikasi gas lifting pada sumur minyak. Aplikasi gas lifting ini bekerja yang mana gas diinjeksikan ke sumur minyak untuk dicampur dengan minyak mentah agar mempermudah pengambilan minyak dari platform. Kinerja dari kompresor ini sama halnya dengan kompresor sentrifugal yang telah dijelaskan pada bab II. Untuk turbin gas Centaur 47, memiliki pilihan untuk penggunaan kompresor sentrifugal ini. Beberapa tipe keluarga kompresor sentrifugal yang sering digunakan oleh turbin gas Centaur 47 adalah C160, C166, C167, C284, C304, C306, C307, C334, C336, C337, C338, C401, C402, C505, dan C601. Dari model – model kompresor sentrifugal ini, ada yang menggunakan perapat basah (*wet seal*) dan perapat kering (*dry seal*).

III.6 SKEMA ALIRAN GAS PADA PLATFORM



Gambar 3.7 Skema aliran gas pada kompresor sentrifugal C505 dan C306

Pada gambar diatas dapat dilihat skema proses aliran gas pada kompresor sentrifugal. Gas yang mengalir pada pipa yang berwarna hijau berasal dari sumur minyak (*well head production*) yang terdapat di salah satu daerah di laut Jawa. Gas yang mengalir masih bercampur dengan *oil liquid* dan kontaminan asing. Gas dari *well head production* dialirkan menuju *slug catcher*. *Slug catcher* merupakan suatu bejana, dimana *oil liquid* yang terbawa pada aliran gas dipisahkan dan disalurkan menuju peralatan lain yang akan menangani *oil liquid* tersebut. Setelah terpisah dengan *oil liquid*, gas kemudian dialirkan menuju *scrubber tank*. Pada *scrubber tank*, gas dipisahkan dengan partikulat – partikulat asing yang bersifat polutan yang dapat mempengaruhi performa dari kompresor sentrifugal. Setelah terpisah dengan polutan tersebut, gas kemudian dialirkan menuju kompresor sentrifugal. Sebelum memasuki kompresor sentrifugal C505, gas terlebih dahulu disesuaikan temperatur, tekanan, dan debit alirannya. Hal ini untuk mencegah terjadinya kondisi *surge* pada kompresor C505. Gas yang memasuki kompresor kemudian mengalami proses pemampatan dimana kompresor tersebut digerakkan oleh sebuah set turbin gas.

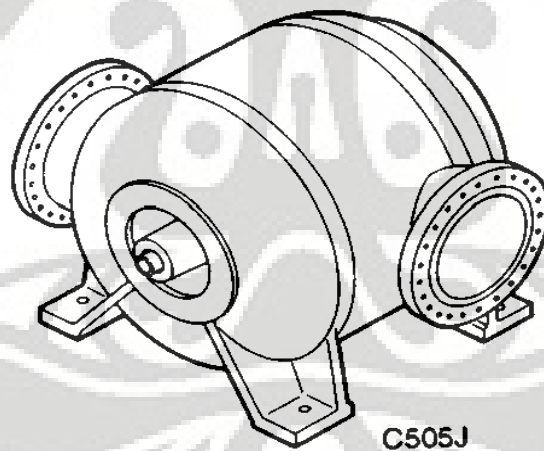
Setelah melewati kompresor C505 yang mengkompresikan gas bertekanan rendah, gas kemudian dialirkan menuju kompresor sentrifugal C306 untuk mengalami proses pemampatan pada tekanan tinggi agar dapat digunakan untuk gas lift. Namun sebelum memasuki kompresor C306, gas harus didinginkan terlebih dahulu. Hal ini untuk menjaga temperatur dari kondisi *over heating* setelah melewati kompresor C505. Setelah didinginkan, gas kemudian dialirkan menuju *scrubber tank* sebelum masuk ke dalam kompresor C306. Untuk mencegah masih terbawanya partikulat asing yang akan mempengaruhi kinerja kompresor C306, maka gas dipisahkan dengan partikulat tersebut di dalam *scrubber tank*. Setelah mengalami proses pemisahan, gas selanjutnya dialirkan menuju kompresor C306. Namun demikian, temperatur, tekanan, dan debit aliran disesuaikan terlebih dahulu untuk mencegah terciptanya kondisi *surge* pada kompresor. Setelah mengalami proses pemampatan, gas yang telah mengalami proses pada kompresor C306 siap untuk diinjeksikan menuju *well head production* untuk proses pengambilan minyak dengan mekanisme *gas lifting*.

III.7 SPESIFIKASI KOMPRESOR SENTRIFUGAL

III.7.1 Spesifikasi Kompresor Sentrifugal C505

Kompresor sentrifugal yang digunakan di lapangan ada dua jenis, yaitu C505 dan C306. Kompresor sentrifugal C505 merupakan kompresor yang dirancang dengan diameter *casing bore* 50 inch dan memiliki 5 *stage* yang terdapat dalam kompresor. Berikut merupakan spesifikasi dari kompresor C505 :

- a. Tekanan masuk : 80 Psia (450,254 kPa)
- b. Tekanan keluar : 239,5 Psia (1549,97 kPa)
- c. Temperatur masuk : 87 °F
- d. Temperatur keluar : 268 °F
- e. Aliran maksimum : 6238,5 cfm
- f. Aliran standar : 47 mmscfd
- g. Diameter impeller : 504 mm
- h. Rpm maksimum : 15000 rpm



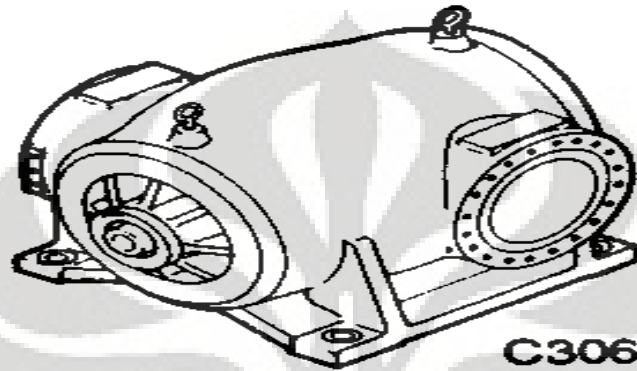
Gambar 3.8 Kompresor Sentrifugal C505

III.7.2 Spesifikasi Kompresor Sentrifugal C306

Kompresor sentrifugal C306 merupakan kompresor yang dirancang dengan diameter *casing bore* 30 inch dan memiliki 6 *stage* yang terdapat di dalam kompresor. Berikut merupakan spesifikasi dari kompresor C306 :

- a. Tekanan masuk : 239,5 Psia (1549,97 kPa)
- b. Tekanan keluar : 700 Psia (4724,99 kPa)

- c. Temperatur masuk : 115 °F
- d. Temperatur keluar : 303,4 °F
- e. Aliran maksimum : 2247,4 cfm
- f. Aliran standar : 47 mmscfd
- g. Diameter impeller : 306 mm
- h. Rpm maksimum : 15500 rpm



Gambar 3.9 Kompresor Sentrifugal C306

III.8 SISTEM PERAPAT KOMPRESOR SENTRIFUGAL

Setiap kompresor memiliki sistem perapat (*seal system*) yang bertujuan untuk mencegah gas yang di proses oleh kompresor sentrifugal memasuki sistem oli atau sebaliknya. Sistem perapat yang digunakan seperti yang telah dijelaskan diatas terdiri dari dua tipe, yaitu *wet seal system* dan *dry seal system*. Penggunaan tipe perapat yang digunakan tergantung dari model kompresor dan seberapa besar dana yang akan dikeluarkan.

III.8.1 Sistem Perapat Basah (*Wet Seal System*)

Tipe perapat ini memiliki beberapa variasi yang sampai sekarang masih digunakan, yaitu :

- a. Kombinasi perapat oli dan sistem pelumasan oli dengan gas penyangga internal (*Combination seal oil and lube oil system with internal buffer gas*)
- b. Kombinasi perapat oli dan sistem pelumasan oli dengan gas penyangga eksternal (*Combination seal oil and lube oil system with external buffer gas*)
- c. Sistem perapat oil dengan udara penyangga dan gas penyangga internal (*Seperate seal oil system with air buffer and internal buffer gas*)

Keuntungan dari menggunakan sistem ini, antara lain :

- a. Tidak memerlukan biaya tambahan
- b. Sistem ini lebih familiar karena telah digunakan sejak Solar Inc. memproduksi kompresor.
- c. Tidak terpengaruh pada putaran bolak – balik/

Kerugian dari penggunaan sistem ini sebagai berikut :

- a. Gas yang dikompresi dapat mengkontaminasikan oli pelumasan
- b. Oli yang digunakan sebagai perapat dapat mengkontaminasikan jalur gas yang dipakai untuk *gas lift*
- c. Diperlukan tenaga tambahan untuk menggerakkan hidrolis, yang diambil dari tenaga proses kompresi gas.

III.8.2 Sistem Perapat Kering (*Dry Seal System*)

Keuntungan dari penggunaan sistem ini adalah :

- a. Tidak ada pengurangan daya (*horse power*) karena tidak adanya pompa untuk oli perapat.
- b. Tidak ada kontaminasi dari oli
- c. Mengurangi sistem pemeliharaan
- d. Proses penekanan yang lama dapat dilakukan tanpa adanya kesulitan

Kerugian dari aplikasi sistem ini antara lain :

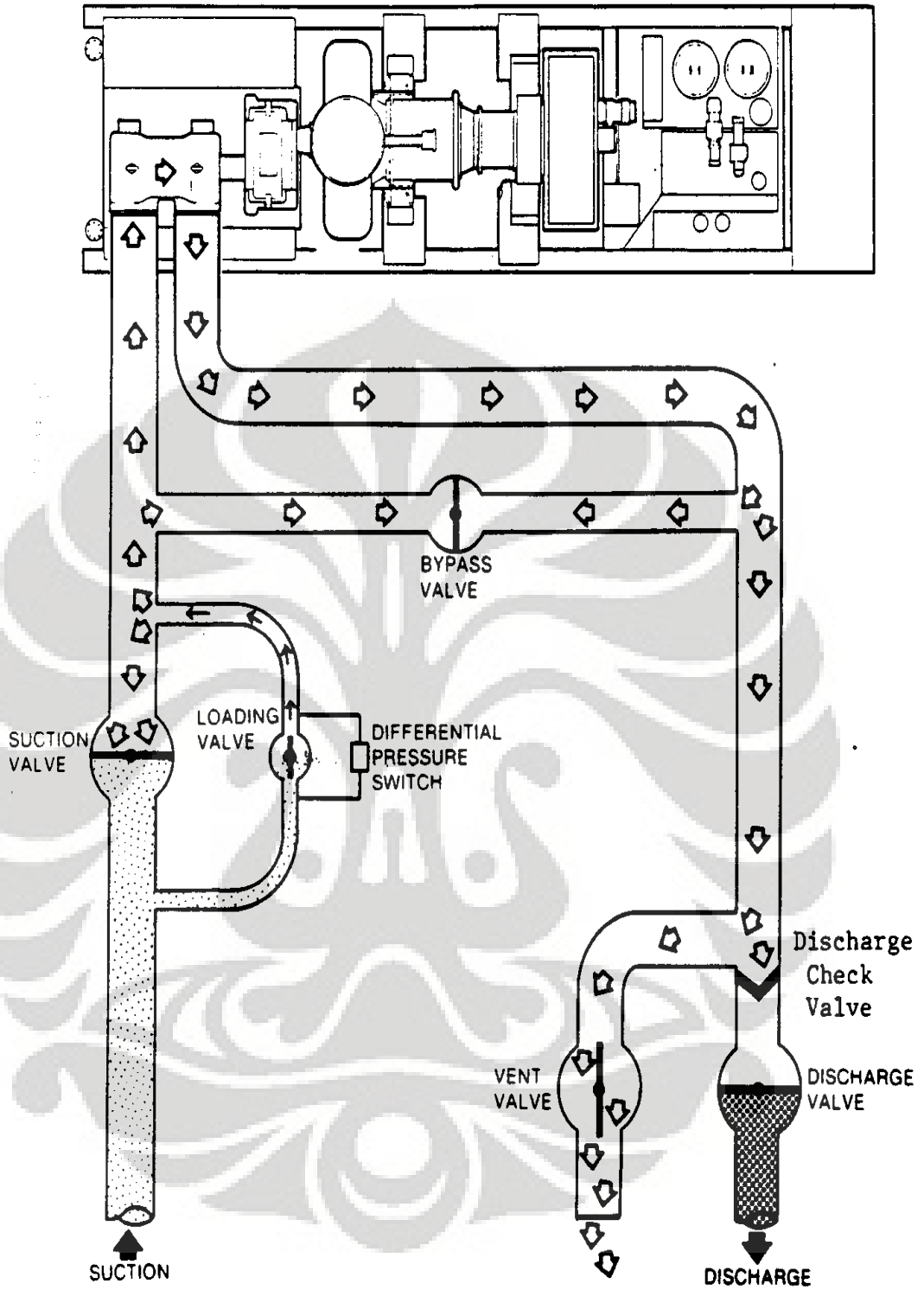
- a. Gas perapat harus bersih dan bertekanan minimal 100 Psia diatas tekanan hisap
- b. Sensitif terhadap putaran
- c. Adanya kebocoran sedikit dari gas perapat maka harus disediakan lubang
- d. Biaya cukup tinggi
- e. Oli dapat mengkontaminasi perapat kering sehingga dapat menyebabkan kegagalan pada sistem
- f. Membutuhkan sumber daya penyangga

III.9 SISTEM KATUP

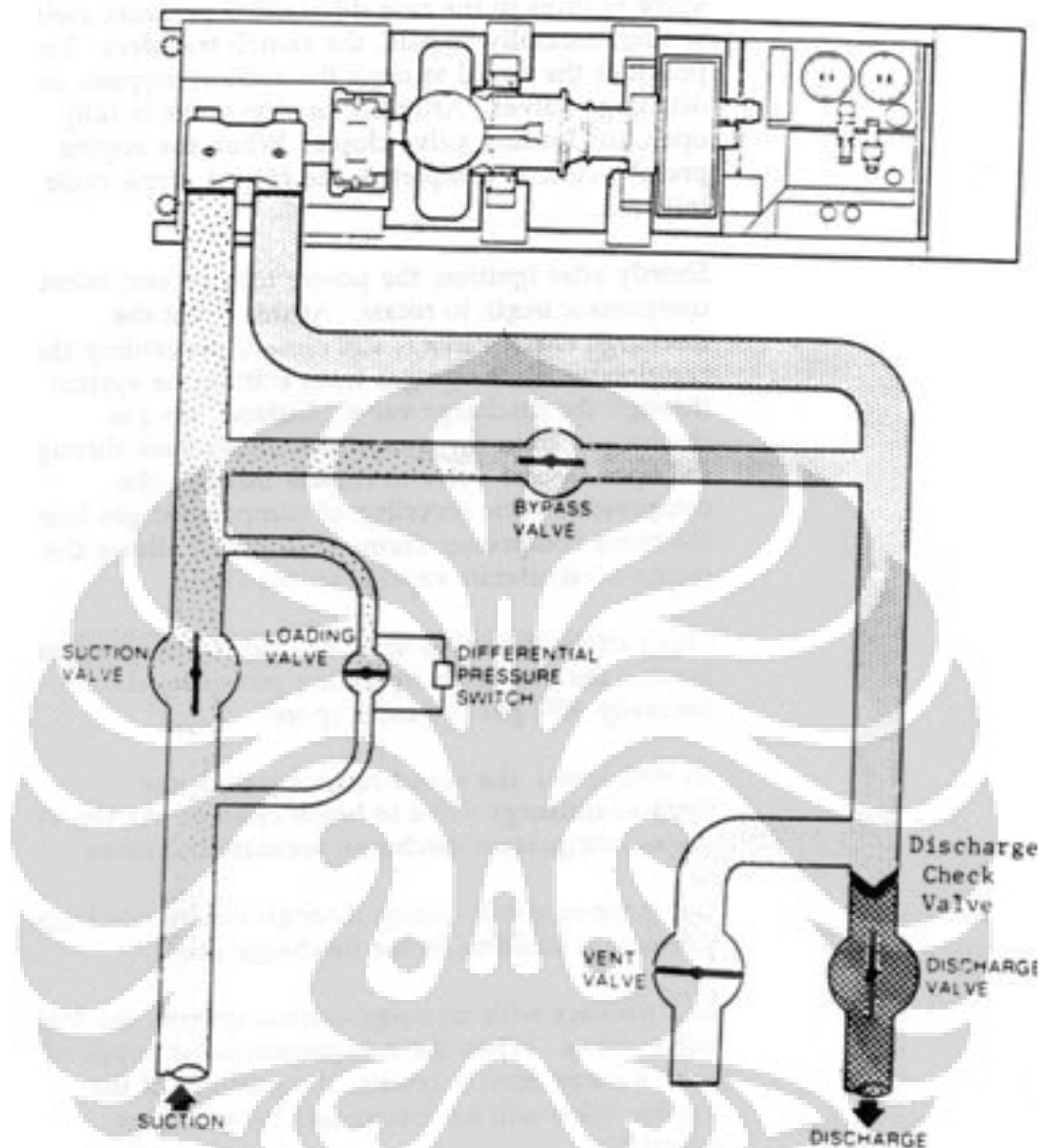
Penyalan mesin dan operasi kompresor secara elektrik terintegral dengan katup pipa yang terdapat di lapangan operasional. Katup – katup ini terdiri dari *suction valve*, *loading valve*, *discharge valve*, *bypass valve*, dan *vent valve*. Saat penghentian mesin penggerak, maka pada pipa saluran gas dari proses hisap sampai keluar terdapat udara yang terperangkap, namun bukan gas. Maka saat penyalan, katup – katup pada pipa akan berfungsi dalam membersihkan saluran pipa tersebut dan terisi gas kembali. Ketika kondisi pipa sudah cukup memadai untuk menyalurkan gas, maka sistem penyalan mesin dapat berlanjut.

Untuk kompresor dengan perapat tipe kering dan perapat tipe basah memiliki sedikit perbedaan dalam tahapan sistem katup saat penyalan, namun secara garis besar tahapannya sama. Tahapan – tahapan katup tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pada saat mesin tidak beroperasi, *vent valve* dan *bypass valve* terbuka, sedangkan katup hisap dan katup keluar tertutup.
2. Ketika tombol penyalan ditekan, *bypass valve* akan tertutup dan pompa pelumasan awal diaktifkan. Saat tekanan minyak pelumas telah mencapai 6 Psig, sakelar tekanan pelumasan awal diganti. Untuk perapat kering, solenoid udara penyangga (*buffer air solenoid*) diaktifkan. Untuk perapat basah, pompa pelumas pembantu penyegelan (*auxiliary seal oil pump*) diaktifkan.
3. Saat tekanan perapat telah mencapai level yang telah ditentukan, *loading valve* dibuka. Gas akan mengalir memasuki sistem, membersihkan kompresor dan mendorong udara yang ada di dalam pipa keluar melalui *vent valve*. Proses ini secara normal berlangsung selama 30 detik.
4. Saat pembersihan telah selesai, *vent valve* kemudian ditutup. Kompresor mulai bekerja membersihkan tekanan ke gas yang mengalir melalui *loading valve*.
5. Ketika tekanan diferensial yang melalui katup hisap turun ke tekanan diferensial yang ditentukan, sekitar 50 Psig, sakelar dipindahkan. Hal ini memberikan sinyal untuk membuka katup hisap, katup *bypass* dan katup keluar. Saat siklus pelumasan awal telah selesai, mesin akan berputar.



Gambar 3.10 Proses pembersihan kompresor oleh gas



Gambar 3.11 Posisi valve saat kecepatan putar turbin daya 40%

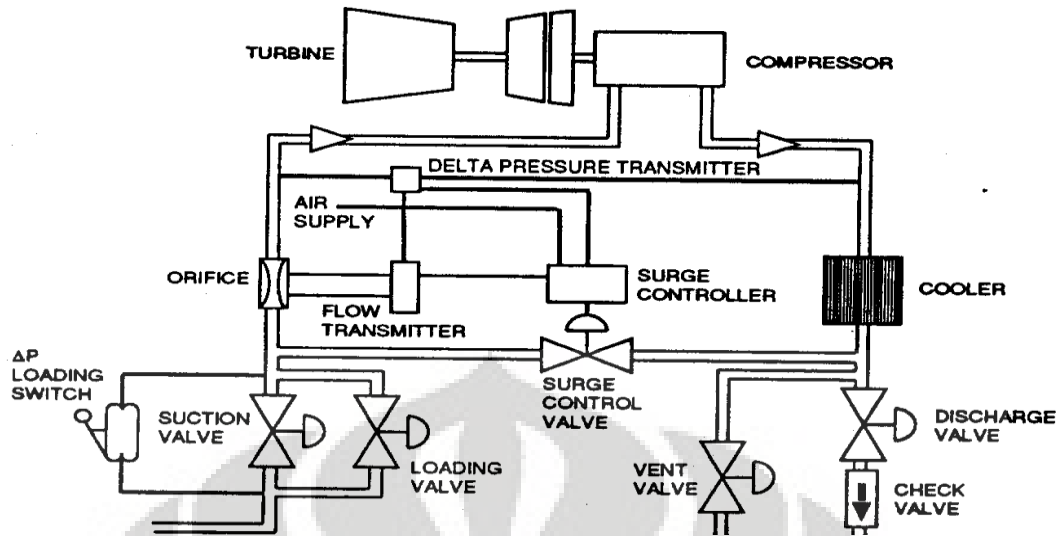
6. Setelah pembakaran pada kecepatan 40%, turbin daya dan kompresor sentrifugal mulai berputar. Pada saat ini, *discharge check valve* masih dalam keadaan tertutup untuk mencegah gas keluaran kompresor keluar melewati katup keluar. Akibatnya, gas keluaran tersebut kembali mengalir melalui *bypass valve* untuk kembali ke kompresor. Hal ini bertujuan untuk menghindari kompresor bekerja pada keadaan *surge* dan mempermudah mesin untuk berakselerasi pada beban rendah. Proses ini akan terus berulang sampai kecepatan mesin mencapai 90%.

7. Pada kecepatan mesin 90%, pengatur kecepatan akan memberikan sinyal untuk *bypass valve* agar menutup. Ketika katup ini tertutup, tekanan keluar kompresor meningkat dan gas tidak mengalir kembali ke kompresor.

III.10 SISTEM KONTROL *SURGE*

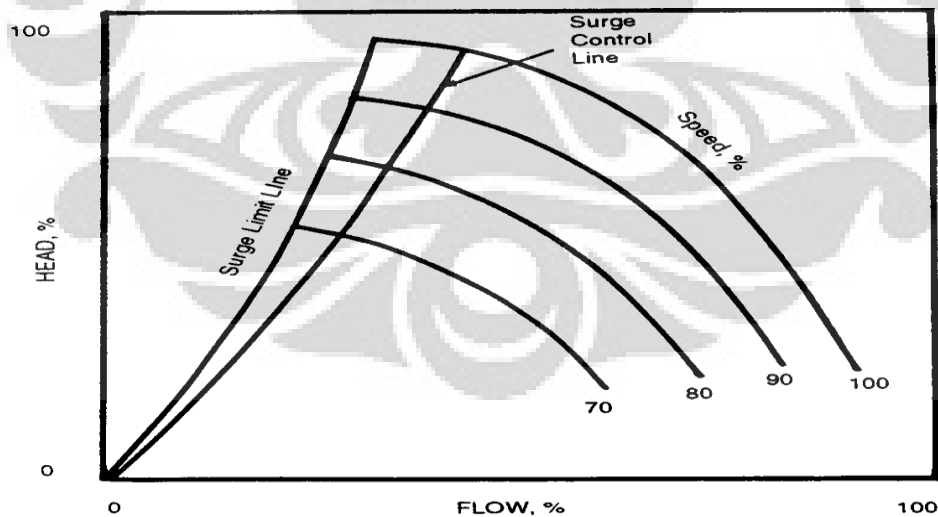
Selama operasi normal, pada setiap sisi impeller tip terdapat lapisan film gas. Lapisan film ini disebut *boundary layer* dan kondisi ini berpengaruh terhadap operasional dari kompresor. Dengan adanya *boundary layer* yang melekat pada *impeller tip*, maka seluruh diameter impeller akan secara efektif digunakan. Ketika laju aliran volume gas berkurang, *boundary layer* pada *impeller tip* mulai mengalami kondisi tidak stabil. Kondisi tidak stabil ini menyebabkan diameter efektif dari impeller berkurang. Head sebanding dengan diameter impeller, maka ketika *boundary layer* pada *impeller tip* berkurang, maka kemampuan impeller untuk mempercepat aliran gas semakin berkurang. Dengan berkurangnya efektivitas dari permukaan impeller, maka gas dan tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu pun akan berkurang, sehingga terjadi kondisi *surge*. Dengan kata lain, *surge* merupakan suatu kondisi dimana kompresor tidak mampu mengalirkan gas pada tekanan tertentu.

Sistem pengontrolan *surge* secara terintegrasi terpasang dengan *compressor yard valve system* dan terdapat *bypass loop* yang berfungsi untuk jalur yang memungkinkan aliran gas keluaran kompresor untuk kembali masuk ke sistem kompresor. Seperti yang terlihat pada gambar 3.5, sistem pengontrolan *surge* terdiri dari *surge control valve*, *surge controller*, *flow transmitter*, serta sensor tekanan pada bagian *suction* dan *discharge* kompresor. Sistem ini sensitif terhadap aliran dan *pressure differential* pada kompresor.



Gambar 3.12 Sistem pengontrolan surge

Perbedaan tekanan dan aliran yang tercatat pada transmitter kemudian akan dibandingkan dengan *pre-surge control line*. *Pre-surge control line* letaknya 10 – 15% dari *surge limit line*. Ketika transmitter pengukur tekanan dan aliran mengindikasikan bahwa kompresor berada pada sebelah kiri dari *pre-surge control line*, maka surge control line akan mengirimkan sinyal untuk membuka katup. Gas kemudian akan mengalir melalui *surge control valve* dan bercampur dengan gas yang akan masuk ke kompresor. Ketika gas yang mengalir telah stabil, maka *surge control valve* akan ditutup.



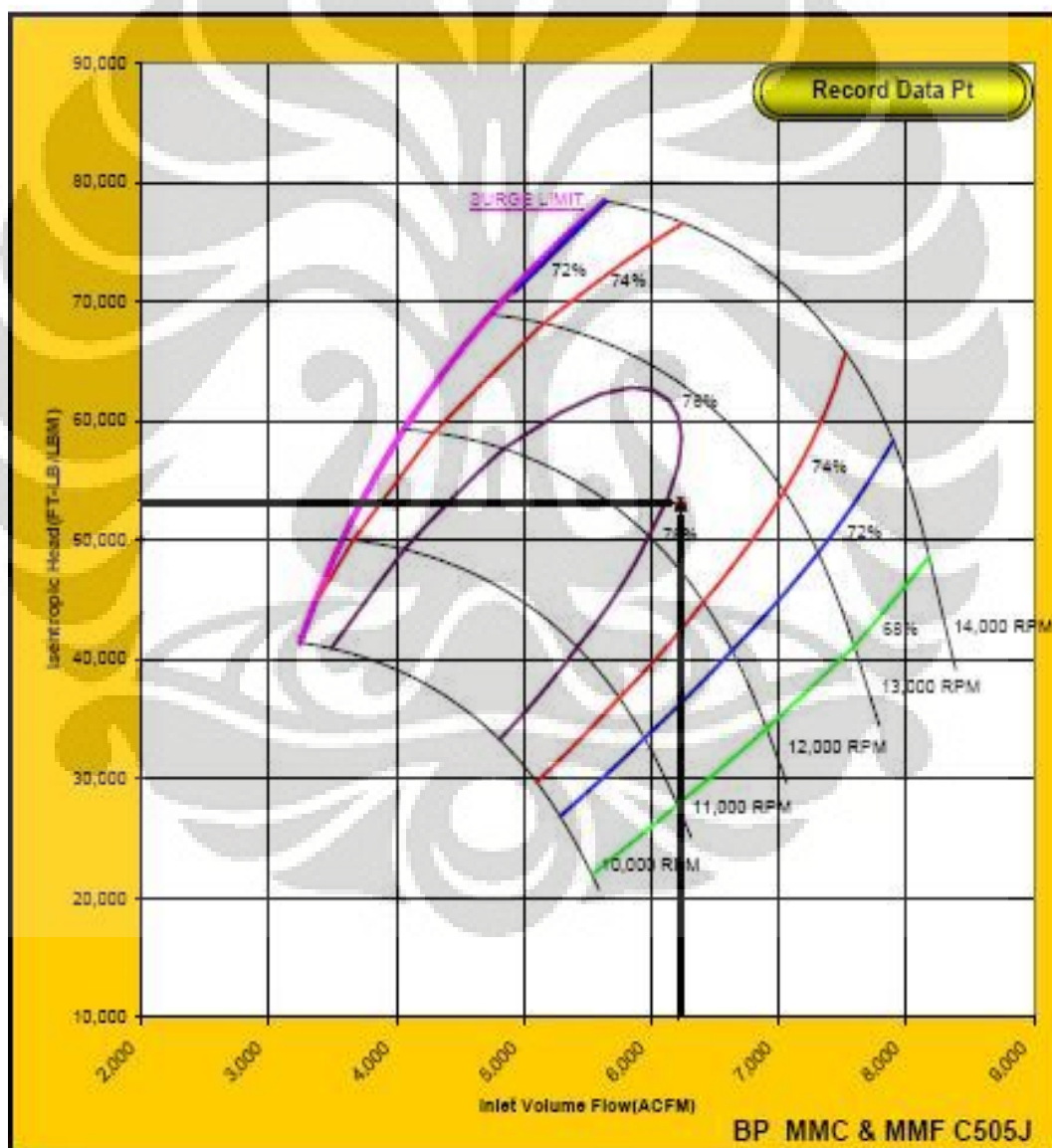
Gambar 3.13 Surge control line

BAB IV

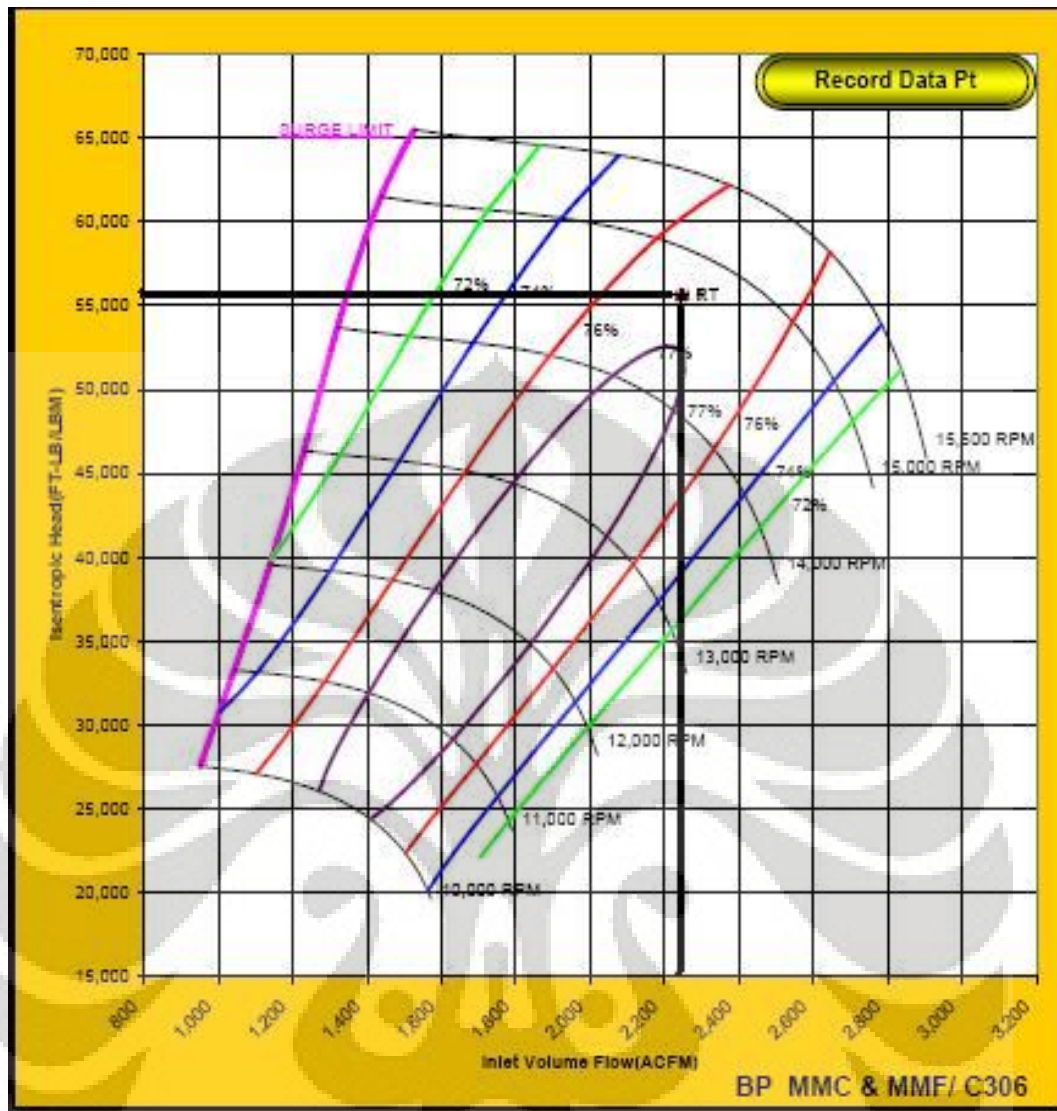
PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA

IV.1 OPERATIONAL POINT KOMPRESOR SENTRIFUGAL

Sebelum melakukan pengolahan data operasi, untuk melihat performa dari kompresor sentrifugal, maka perlu diketahui dari *operational point* kompresor sentrifugal C5054 dan C3065. *Operational point* ini diambil dari grafik performa kompresor sentrifugal yang telah dikeluarkan oleh pabrik.



Grafik 4.1 Grafik *operational point* kompresor sentrifugal C5054 (Head isentropik, aliran volume gas, efisiensi, dan kecepatan putar poros kompresor)



Grafik 4.2 Grafik *operational point* kompresor sentrifugal C3065 (Head isentropik, aliran volume gas, efisiensi, dan kecepatan putar poros kompresor)

Kedua kompresor sentrifugal diatas dipasangkan dengan turbin gas Centaur 40. Turbin gas Centaur 40 berfungsi untuk menghasilkan daya untuk menggerakkan kompresor C5054 dan C3065. Pada spesifikasi pabrik didapat data – data *operational point* berupa tekanan hisap, tekanan keluar, temperatur hisap, temperatur keluar, debit aliran volume gas, nilai spesifik gravity gas, *head* maksimal per tingkat, head total maksimum.

Kompresor C5054 memiliki karakteristik pengoperasian yang berbeda dengan kompresor C3065. Kompresor C5054 difungsikan sebagai kompresor yang memampatkan gas bertekanan rendah, sedangkan kompresor C3065

berfungsi memampatkan gas yang bertekanan tinggi. Kompresor C3065 menerima gas yang dialirkan dari kompresor C5054. Berikut merupakan pengolahan data design point C5054 dan C3065.

IV.I.I Kompresor C5054

Ps : 80 Psia : 450,254 kPa

Pd : 239,5 Psia : 1549,97 kPa

Ts : 87 °F : 546,67 °R

Td : 268 °F : 727,67 °R

Q : 6238,5 cfm

Qstd : 47 mmsefd

SG : 0,67

Z : 0,9528

γ : 1,28

Setiap proses pemampatan pada kompresor, membutuhkan rasio tekanan tertentu. Rasio tekanan tersebut dibutuhkan untuk mencari nilai head yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas dan juga daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor. Pada pemampatan pada banyak tingkat seperti pada kompresor sentrifugal, perbandingan tekanan total dibagi menjadi perbandingan tiap tingkat, dimana pada tiap tingkat rasio pemampatannya sama. Rasio kompresi pada kompresor sentrifugal C5054, yaitu :

$$Pr = \sqrt[4]{\frac{P_d}{P_s}}$$

$$Pr = \sqrt[4]{\frac{239,5}{80}}$$

$$Pr = 1,315$$

Kompresor sentrifugal ini dirancang untuk penggunaan maksimum lima tingkat impeller. Namun demikian di lapangan, hanya empat tingkat impeller yang digunakan. Sehingga, head isentropik maksimum untuk kompresor ini adalah:

$$H_{isen} = 53,35 \frac{T_1 \times Z_{avg}}{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right) \times SG} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 53,35 \frac{546,67 \times 0,9528}{\left(\frac{1,28-1}{1,28}\right) \times 0,67} \left[\left(\frac{239,5}{80}\right)^{\frac{1,28-1}{1,28}} - 1 \right] = 51396,38 \text{ ft-lbf/lbm}$$

$$H_{isen} = 51396,38 \text{ ft-lbf/lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ/kg}} = 145608,87 \text{ kJ/kg}$$

Setelah mendapatkan head maksimum, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap efisiensi isentropik pada kompresor. Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi isentropik pada kompresor C5054.

$$\eta_{isen} = \frac{(T_1 + 459,67)}{(T_2 - T_1)} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \times 100\%$$

$$\eta_{isen} = \frac{(87 + 459,67)}{(268 - 87)} \left[\left(\frac{239,5}{80}\right)^{\frac{1,28-1}{1,28}} - 1 \right] \times 100\% = 75,9\%$$

Efisiensi isentropic merupakan perbandingan antara head isentropic dengan head polytropic. Nilai diatas menunjukkan bahwa 75,9% dari head yang dihasilkan oleh kompresor digunakan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu, sedangkan sisanya terkonsumsi oleh internal losses yang terjadi di dalam kompresor. Kondisi diatas merupakan perhitungan head dengan asumsi ideal, dimana proses berlangsung tanpa adanya perpindahan panas. Pada kenyataannya energi panas tidak dapat diubah keseluruhannya menjadi kerja karena adanya kerugian – kerugian yang terjadi selama proses. Agar rasio tekanan tercapai, maka head polytropic harus lebih besar dibandingkan head isentropic, yaitu :

$$H_{poly} = \frac{H_{isen}}{\eta_{poly}}$$

$$H_{poly} = \frac{51396,38}{0,759} = 67715,91 \text{ ft-lbf/lbm}$$

$$H_{poly} = 67715,91 \text{ ft-lbf/lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ/kg}} = 191884,13 \text{ kJ/kg}$$

Berikut merupakan perhitungan untuk mencari aliran massa :

$$\dot{m} = \frac{Q \times \rho}{60}$$

Nilai densitas dari gas, yaitu:

$$\rho = \frac{144 \times P_1 \times SG}{53,35 \times Z \times T_1}$$

$$\rho = \frac{144 \times 87 \times 0,67}{53,35 \times 0,9528 \times (87 + 459,67)} = 0,239$$

Sehingga nilai aliran massa dari kompresor C5054 ialah :

$$\dot{m} = \frac{6238,5 \times 0,239}{60} = 24,86 \text{ lb/s}$$

$$\dot{m} = 24,86 \text{ lb/s} \times \frac{1}{2,2046 \text{ kg/s}} = 11,28 \text{ kg/s}$$

Maka daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor C3065 adalah :

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times H_{isen} \times Q_{std} \times SG}{\eta}$$

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times 51396,38 \times 47 \times 0,67}{75,90\%} = 3500,72 \text{ HP}$$

$$W_{cc} = 3500,72 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2610,53 \text{ kW}$$

Sedangkan daya yang diperlukan untuk mengalirkan gas adalah :

$$W_{gas} = W_{cc} \times \eta_{mech} = 3500,72 \times 98\% = 3430,71 \text{ HP}$$

$$W_{gas} = 3430,71 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2558,32 \text{ kW}$$

IV.I.2 Kompresor C3065

$$P_s = 229,5 \text{ Psia} : 1481,02 \text{ kPa}$$

$$P_d = 700 \text{ Psia} : 4724,99 \text{ kPa}$$

$$T_s = 115 \text{ }^\circ\text{F} : 574,67 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$T_d = 303,4 \text{ }^\circ\text{F} : 763,07 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$Q = 2247,4 \text{ cfm}$$

$$Q_{std} = 47 \text{ mmscfd}$$

$$SG = 0,67$$

$$Z = 0,9555$$

$$\gamma = 1,272$$

Rasio kompresi pada kompresor sentrifugal C5054, yaitu :

$$Pr = \sqrt{\frac{P_d}{P_s}}$$

$$Pr = \sqrt{\frac{700}{229,5}}$$

$$Pr = 1,249$$

Kompresor sentrifugal C3065 dirancang untuk penggunaan maksimum enam tingkat impeller, namun hanya lima tingkat impeller yang difungsikan. Sehingga, head isentropic maksimum untuk kompresor ini adalah:

$$H_{isen} = 53,35 \frac{T_1 \times Z_{avg}}{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right) \times SG} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 53,35 \frac{574,67 \times 0,9555}{\left(\frac{1,272-1}{1,272}\right) \times 0,67} \left[\left(\frac{700}{229,5}\right)^{\frac{1,272-1}{1,272}} - 1 \right] = 55034,64 \text{ ft-lbf/lbm}$$

$$H_{isen} = 55034,64 \text{ ft-lbf/lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ/kg}} = 155949,67 \text{ kJ/kg}$$

Setelah mendapatkan head maksimum, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap efisiensi isentropis pada kompresor. Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi isentropis pada kompresor C3065 :

$$\eta_{isen} = \frac{(T_1 + 459,67)}{(T_2 - T_1)} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \times 100\%$$

$$\eta_{isen} = \frac{(115 + 459,67)}{(303,4 - 115)} \left[\left(\frac{700}{229,5} \right)^{\frac{1,272-1}{1,272}} - 1 \right] \times 100\% = 76,73 \%$$

Efisiensi isentropic merupakan perbandingan antara head isentropic dengan head polytropic. Agar rasio tekanan tercapai, maka head polytropic dari kompresor C3065 ialah :

$$H_{poly} = \frac{H_{isen}}{\eta_{poly}}$$

$$H_{poly} = \frac{55034,64}{0,7673} = 71725,06 \text{ ft} - \text{lbf} / \text{lbm}$$

$$H_{poly} = 71725,06 \text{ ft} - \text{lbf} / \text{lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ} / \text{kg}} = 203224,71 \text{ kJ/kg}$$

Berikut merupakan perhitungan untuk mencari aliran massa :

$$\dot{m} = \frac{Q \times \rho}{60}$$

Nilai kerapatan dari gas yang mempengaruhi jumlah aliran massa, yaitu:

$$\rho = \frac{144 \times P_1 \times SG}{53,35 \times Z \times T_1}$$

$$\rho = \frac{144 \times 229,5 \times 0,67}{53,35 \times 0,9555 \times (115 + 459,67)} = 0,755$$

Sehingga nilai aliran massa dari kompresor C3065 ialah :

$$\dot{m} = \frac{2247,4 \times 0,755}{60} = 24,86 \text{ lb/s}$$

$$\dot{m} = 24,86 \text{ lb/s} \times \frac{1}{2,2046 \text{ kg/s}} = 11,28 \text{ kg/s}$$

Maka daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor C3065 adalah :

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times H_{isen} \times Q_{std} \times SG}{\eta}$$

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times 55034,64 \times 47 \times 0,67}{76,73\%} = 3707,98 \text{ HP}$$

$$W_{cc} = 3707,98 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2765,08 \text{ kW}$$

Sedangkan daya yang diperlukan untuk mengalirkan gas adalah :

$$W_{gas} = W_{cc} \times \eta_{mech} = 3707,98 \times 98\% = 3633,82 \text{ HP}$$

$$W_{gas} = 3633,82 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2709,78 \text{ kW}$$

IV.2 PENGOLAHAN DATA OPERASIONAL

Data – data yang didapatkan merupakan data operasional dari kompresor sentrifugal tipe C5054 dan C3065. Pencatatan data operasional ini dilakukan setiap lima jam sekali atau dengan kata lain mewakili pagi, siang, sore, dan malam hari. Pencatatan data operasional ini dilakukan pada periode bulan februari dan maret, dimana set turbin gas termasuk kompresor sentrifugal telah mengalami proses pembersihan dan *overhaul*. Pada kompresor sentrifugal ini, data yang diambil meliputi kecepatan putar dari turbin daya, tekanan hisap dan keluar kompresor, temperatur masuk dan keluar kompresor, laju aliran gas standar.

Untuk menghitung performa keseluruhan dari kompresor sentrifugal, maka hal pertama kali yang harus dilakukan ialah menghitung komposisi gas yang mengalir pada kompresor. Dengan mendapatkan harga komposisi gas, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan panas jenis spesifik dan spesifik gravity dari gas. Komposisi gas yang mengalir pada kompresor sentrifugal yaitu:

| Jenis Gas | Simbol | Komposisi (%mol) |
|-----------|--------|------------------|
| Nitrogen | N2 | 2,92 |
| Methane | C1 | 94,83 |
| Ethane | C2 | 2,19 |
| Propane | C3 | 0,06 |
| Jumlah | | 100,00 |

Tabel 4.1 Komposisi gas berdasarkan hasil laboratorium

| Jenis Gas | BM | Pc (Psia) | Tc (°R) | Cp (BTU/lbm.mol. °R) |
|-----------|-------|-----------|---------|----------------------|
| Nitrogen | 28,02 | 492 | 550 | 6,95594 |
| Methane | 16,04 | 673 | 334 | 8,64436 |
| Ethane | 30,01 | 708 | 550 | 12,9282 |
| Propane | 44,09 | 617 | 666 | 18,1339 |

Tabel 4.2 Ringkasan gas properties partial

Dari komposisi gas yang didapatkan dari kondisi lapangan dan dibandingkan dengan gas properties partial, maka harga gas properties yaitu :

| Jenis Gas | Simbol | % Mol | Kontribusi Gas Individual | | | |
|--------------|--------|------------|---------------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | BM | Pc | Tc | Cp |
| Nitrogen | N2 | 2,92 | 0,818 | 14,366 | 16,06 | 0,203 |
| Methane | C1 | 94,83 | 15,210 | 638,206 | 316,732 | 8,197 |
| Ethane | C2 | 2,19 | 0,657 | 15,505 | 12,045 | 0,283 |
| Propane | C3 | 0,06 | 0,026 | 0,370 | 0,399 | 0,011 |
| Total | | 100 | 16,711 | 668,448 | 345,237 | 8,694 |

Tabel 4.3 Perhitungan gas properties campuran

Kontribusi gas individual dari tiap – tiap jenis gas yang mengalir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

a. Berat molekul gas

$$\frac{BM_1}{BM_2} = \frac{\%mol_campuran}{\%mol_nitrogen}$$

- Nitrogen : $\frac{28,02}{BM_2} = \frac{100\%}{2,92\%}$

$$BM \text{ Nitrogen} = 0,818$$

- Methane : $\frac{16,04}{BM_2} = \frac{100\%}{94,83\%}$

$$BM \text{ Methane} = 15,210$$

- Ethane : $\frac{30,01}{BM_2} = \frac{100\%}{2,19\%}$

$$BM \text{ Ethane} = 0,657$$

- Propane : $\frac{44,09}{BM_2} = \frac{100\%}{0,06\%}$

$$BM \text{ Propane} = 0,026$$

b. Tekanan kritis (P_c)

$$\frac{P_{c_1}}{P_{c_2}} = \frac{\%mol_campuran}{\%mol_nitrogen}$$

- Nitrogen : $\frac{492}{P_{c_2}} = \frac{100\%}{2,92\%}$

$$P_c \text{ Nitrogen} = 14,366 \text{ Psia}$$

- Methane : $\frac{673}{P_{c_2}} = \frac{100\%}{94,83\%}$

$$P_c \text{ Methane} = 638,206 \text{ Psia}$$

- Ethane : $\frac{708}{P_{c_2}} = \frac{100\%}{2,19\%}$

$$P_c \text{ Ethane} = 15,505 \text{ Psia}$$

- Propane : $\frac{617}{P_{c_2}} = \frac{100\%}{0,06\%}$

$$P_c \text{ Propane} = 0,370 \text{ Psia}$$

c. Temperatur kritis (T_c)

$$\frac{T_{c_1}}{T_{c_2}} = \frac{\%mol_campuran}{\%mol_nitrogen}$$

- Nitrogen : $\frac{550}{T_{c_2}} = \frac{100\%}{2,92\%}$

$$T_c \text{ Nitrogen} = 146,060 \text{ }^\circ\text{R}$$

- Methane : $\frac{334}{T_{c_2}} = \frac{100\%}{94,83\%}$

$$T_c \text{ Methane} = 316,732 \text{ }^\circ\text{R}$$

- Ethane : $\frac{550}{T_{c_2}} = \frac{100\%}{2,19\%}$

$$T_c \text{ Ethane} = 12,045 \text{ }^\circ\text{R}$$

- Propane : $\frac{666}{T_{c_2}} = \frac{100\%}{0,06\%}$

$$T_c \text{ Propane} = 0,399 \text{ }^\circ\text{R}$$

d. Panas spesifik pada tekanan konstan (C_p)

$$\frac{C_{p_1}}{C_{p_2}} = \frac{\%mol_campuran}{\%mol_nitrogen}$$

- Nitrogen : $\frac{6,956}{Cp_2} = \frac{100\%}{2,92\%}$
Cp Nitrogen = 0,203 Btu/lbm mol
- Methane : $\frac{8,644}{Cp_2} = \frac{100\%}{94,83\%}$
Cp Methane = 8,197 Btu/lbm mol
- Ethane : $\frac{12,928}{Cp_2} = \frac{100\%}{2,19\%}$
Cp Ethane = 0,283 Btu/lbm mol
- Propane : $\frac{18,134}{Cp_2} = \frac{100\%}{0,06\%}$
Cp Propane = 0,011 Btu/lbm mol

Tabel 4.3 menunjukkan harga gas properties campuran yang berfungsi untuk mencari panas jenis spesifik, spesifik gravity, dan panas spesifik pada tekanan konstan. Hasil perhitungan gas properties diatas dijumlahkan sehingga didapatkan harga gas properties campuran sebagai berikut :

$$BM_{mix} = 16,711$$

$$Pc_{mix} = 668,448$$

$$Tc_{mix} = 343,73$$

$$Cp_{mix} = 8,694$$

Nilai panas jenis spesifik yaitu :

$$\gamma = \frac{Cp_{mix}}{Cp_{mix} - 1,99} = \frac{8,694}{8,694 - 1,99} = 1,29$$

Nilai spesifik gravity, yaitu :

$$R = \frac{1545}{BM_{mix}} = \frac{53,35}{SG} \text{ maka,}$$

$$SG = 53,35 \times \frac{BM_{mix}}{1545} = 0,67$$

Kemudian setelah mendapatkan panas jenis spesifik dan nilai spesifik gravity dari gas, maka nilai tersebut diatas menjadi konstanta terhadap perhitungan performa dari kompresor sentrifugal C5054 dan C3065. Nilai spesifik gravity dan panas jenis spesifik digunakan untuk mencari head yang dibutuhkan

untuk mengalirkan gas, aliran massa, efisiensi kerja kompresor, dan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor sentrifugal C5054 dan C3065. Untuk mengetahui performa dari kompresor sentrifugal C5054 dan C3065, maka dilakukan pengolahan data. Untuk contoh perhitungan ini, digunakan data pada hari selasa, tanggal 16 Februari 2010 pada pukul 17.00 WIBB.

Data operasional yang tersedia sebagai berikut :

1. Ketinggian lokasi : 100 ft dari permukaan laut
2. Kompresor sentrifugal C5054 :
 - Tekanan hisap kompresor : 73 Psia = 388,201 kPa
 - Tekanan keluar kompresor : 225 Psia = 1449,99 kPa
 - Temperatur masuk kompresor : 86 degF
 - Temperatur keluar kompresor : 256 degF
 - Laju aliran gas standar : 33 mmscfd
 - Putaran operasional kompresor : 12863 rpm
 - Asumsi : η mekanis : 98 %
3. Kompresor sentrifugal C3065 :
 - Tekanan hisap kompresor : 214 Psia = 1374,15 kPa
 - Tekanan keluar kompresor : 636 Psia = 4283,73 kPa
 - Temperatur masuk kompresor : 115 degF
 - Temperatur keluar kompresor : 272 degF
 - Laju aliran gas standar : 33 mmscfd
 - Putaran operasional kompresor : 13985 rpm
 - Asumsi: η mekanis : 98 %

IV.2.1 Pengolahan Data Operasional Kompresor Sentrifugal C5054

Putaran kompresor sentrifugal diasumsikan sama dengan putaran turbin daya. Berdasarkan spesifikasi turbin gas centaur 47, putaran maksimal turbin daya adalah 13000 RPM. Namun untuk pengoperasian di laut, putaran turbin daya yang terhubung dengan kompresor sentrifugal disesuaikan dengan kebutuhan *gas lifting* pada sumur tertentu. Gas yang telah dikompresi di C5054 kemudian dialirkan ke C3065 untuk mengalami proses kompresi selanjutnya. Pada tanggal 16 februari 2010 pukul 17.00 WWIB, putaran operasional kompresor C5054 ialah 12863 rpm.

Koefisien kompresi (Z) didapat dari grafik koefisien kompresi dengan memasukkan tekanan hisap, temperature masuk, nilai specific gravity (SG) gas alam. Dengan memasukkan nilai tekanan hisap dan SG yang sama dan temperatur yang variable, nilai Z dapat dicari dengan pendekatan interpolasi. Sehingga dari data didapat nilai koefisien kompresi $Z = 0,954$. Nilai Z ini mempengaruhi harga head yang akan dicari. Head yang dihitung pun merupakan head kondisi ideal dan juga head kondisi aktual. Head isentropic dari kompresor C5054, yaitu:

$$H_{isen} = 53,35 \frac{(T_1 + 459,67) \times Z}{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma}\right) \times SG} \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 53,35 \frac{(86 + 459,67) \times 0,954}{\left(\frac{1,29-1}{1,29}\right) \times 0,67} \left[\left(\frac{225}{73}\right)^{\frac{1,29-1}{1,29}} - 1 \right]$$

$$H_{isen} = 52905,84 \text{ ft-lbf/lbm} = 149917,37 \text{ kJ/kg}$$

Sedangkan head dalam kondisi aktual maka persamaan yang digunakan menggunakan asumsi politropic, yaitu :

$$H_{poly} = \frac{53,35}{SG} \times Z \times \frac{n}{n-1} \times T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Besarnya eksponen polytropic (n), yaitu :

$$\frac{n}{n-1} = \frac{\ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right)}{\ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$\frac{n}{n-1} = \frac{\ln\left(\frac{256}{86}\right)}{\ln\left(\frac{225}{73}\right)}$$

$$n = 1,24$$

Sehingga nilai head aktual ialah :

$$H_{poly} = \frac{53,35}{0,67} \times 0,954 \times \frac{1,27}{1,27-1} \times (86 + 459,67) \left[\left(\frac{225}{73} \right)^{\frac{1,27-1}{1,27}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = 84553,44 \text{ ft} - \text{lb} / \text{lbm}$$

$$H_{poly} = 84553,44 \text{ ft} - \text{lb} / \text{lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ} / \text{kg}} = 239528,16 \text{ kJ/kg}$$

Efisiensi dari kinerja kompresor dapat dicari dengan membandingkan head kondisi ideal dan kondisi aktual. Efisiensi kompresor C5054, yaitu :

$$\eta = \frac{H_{isen}}{H_{poly}} \times 100\% = \frac{52905,84}{84553,44} \times 100\% = 62,57\%$$

Setelah mendapatkan head dan efisiensi dari kinerja kompresor C5054, selanjutnya dihitung kapasitas aliran yang mengalir pada kompresor. Kapasitas aliran volum dari kompresor ialah :

$$Q_{act} = \frac{(19.631) \times Q_{std} \times Z_1 \times (T_s + 459.67)}{P_s}$$

$$Q_{act} = \frac{(19.631) \times 33 \times 0.95 \times (86 + 459.67)}{73} = 4619.68 \text{ cfm}$$

Dari aliran volum ini dapat dikonversikan menjadi aliran massa, yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Q \times \rho}{60}$$

Aliran massa dipengaruhi oleh densitas gas. Harga densitas gas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$\rho = \frac{144 \times P_1 \times SG}{53,35 \times Z \times T_1}$$

$$\rho = \frac{144 \times 73 \times 0,67}{53,35 \times 0,954 \times (86 + 459,67)} = 0,253$$

Sehingga nilai aliran massa dari kompresor C5054 ialah :

$$\dot{m} = \frac{4619,68 \times 0,253}{60} = 19,53 \text{ lb/s}$$

$$\dot{m} = 19,53 \text{ lb/s} \times \frac{1}{2,2046 \text{ kg/s}} = 8,86 \text{ kg/s}$$

Maka daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros kompresor ialah :

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times H_{isen} \times Q_{std} \times SG}{\eta}$$

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times 52905,84 \times 33 \times 0,67}{62,57\%} = 3069,12 \text{ HP}$$

$$W_{cc} = 3069,12 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2288,68 \text{ kW}$$

Dan daya yang diperlukan untuk mengalirkan gas, yaitu :

$$W_{gas} = W_{cc} \times \eta_{mech} = 3069,12 \times 98\% = 3007,74 \text{ HP}$$

$$W_{gas} = 3007,74 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 2242,91 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui parameter pokok yang paling berpengaruh dalam operasi kompresor sentrifugal C5054 ialah :

| No | Parameter | Simbol | Design | Aktual | Satuan |
|----|-------------------|-------------------|-----------|-----------|--------|
| 1 | Tekanan masuk | P ₁ | 450,254 | 388,20 | kPa |
| 2 | Tekanan keluar | P ₂ | 1549,97 | 1449,99 | kPa |
| 3 | Temperatur masuk | T ₁ | 87 | 86 | °F |
| 4 | Temperatur keluar | T ₂ | 268 | 256 | °F |
| 5 | Kapasitas | Q | 6238,5 | 4619,68 | cfm |
| 6 | Aliran massa | m | 11,28 | 8,86 | kg/s |
| 7 | Head isentropik | H _{isen} | 145608,87 | 149917,37 | kJ/kg |
| 8 | Daya kompresor | W _{cc} | 2610,53 | 2288,68 | kW |
| 9 | Daya gas | W _{gas} | 2558,32 | 2242,91 | kW |
| 10 | Putaran | N | 12863 | 12863 | rpm |
| 11 | Efisiensi | η | 75,9 | 62,57 | % |

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Parameter Pokok Kompresor C5054

IV.2.1 Pengolahan Data Operasional Kompresor Sentrifugal C3065

Putaran kompresor sentrifugal diasumsikan sama dengan putaran turbin daya. Berdasarkan spesifikasi turbin gas penggerak kompresor C3065, putaran maksimal turbin daya adalah 15500 RPM. Namun untuk pengoperasian di laut,

putaran turbin daya yang terhubung dengan kompresor sentrifugal disesuaikan dengan kebutuhan *gas lifting* pada sumur tertentu.

Pada tanggal 16 februari 2010 pukul 17.00 WWIB, putaran operasional kompresor C5054 ialah 13985 rpm. Kompresor C3065 meneruskan kerja yang telah dilakukan sebelumnya oleh kompresor C5054, sehingga beban kerja cenderung lebih ringan.

Koefisien kompresi (Z) didapat dari grafik koefisien kompresi dengan memasukkan tekanan hisap, temperature masuk, nilai specific gravity (SG) gas alam. Dengan memasukkan nilai tekanan hisap dan SG yang sama dan temperatur yang variable, nilai Z dapat dicari dengan pendekatan interpolasi. Sehingga dari data didapat nilai koefisien kompresi $Z = 0,958$. Nilai Z ini mempengaruhi harga head yang akan dicari. Head yang dihitung pun merupakan head kondisi ideal dan juga head kondisi aktual. Head isentropic dari kompresor C3065, yaitu:

$$H_{isen} = 53,35 \frac{(T_1 + 459,67) \times Z_{avg} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right]}{\left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right) \times SG}$$

$$H_{isen} = 53,35 \frac{(115 + 459,67) \times 0,958 \left[\left(\frac{636}{214} \right)^{\frac{1,29-1}{1,29}} - 1 \right]}{\left(\frac{1,29-1}{1,29} \right) \times 0,67}$$

$$H_{isen} = 54196,51 \text{ ft-lbf/lbm} = 153531,19 \text{ kJ/kg}$$

Sedangkan head dalam kondisi aktual maka persamaan yang digunakan menggunakan asumsi politropik, yaitu :

$$H_{poly} = \frac{53,35}{SG} \times Z \times \frac{n}{n-1} \times T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \right]$$

Besarnya eksponen polytropic (n), yaitu :

$$\frac{n}{n-1} = \frac{\ln\left(\frac{272}{116}\right)}{\ln\left(\frac{636}{214}\right)}$$

$$n = 1,22$$

Sehingga nilai head aktual ialah :

$$H_{poly} = \frac{53,35}{0,67} \times 0,958 \times \frac{1,26}{1,26-1} \times (115 + 459,67) \left[\left(\frac{636}{214} \right)^{\frac{1,26-1}{1,26}} - 1 \right]$$

$$H_{poly} = 64819,97 \text{ ft} - \text{lbf} / \text{lbm} \times \frac{1}{0,353 \text{ kJ} / \text{kg}} = 183625,97 \text{ kJ/kg}$$

Efisiensi dari kinerja kompresor dapat dicari dengan membandingkan head kondisi ideal dan kondisi aktual. Efisiensi kompresor C3065, yaitu :

$$\eta = \frac{H_{isen}}{H_{poly}} \times 100 = \frac{54196,51}{64819,97} \times 100 = 83,09\%$$

Setelah mendapatkan head dan efisiensi dari kinerja kompresor C3065, selanjutnya dihitung kapasitas aliran yang mengalir pada kompresor. Kapasitas aliran volum dari kompresor ialah :

$$Q_{act} = \frac{(19.631) \times Q_{std} \times Z_1 \times (T_s + 459.67)}{P_s}$$

$$Q_{act} = \frac{(19.631) \times 33 \times 0.958 \times (115 + 459.67)}{214} = 1669,48 \text{ cfm}$$

Dari aliran volum ini dapat dikonversikan menjadi aliran massa, yaitu :

$$\dot{m} = \frac{Q \times \rho}{60}$$

Aliran massa dipengaruhi oleh densitas gas. Harga densitas gas dapat diketahui dengan menggunakan persamaan :

$$\rho = \frac{144 \times P_1 \times SG}{53,35 \times Z \times T_1}$$

$$\rho = \frac{144 \times 214 \times 0,67}{53,35 \times 0,958 \times (116 + 459,67)} = 0,702$$

Sehingga nilai aliran massa dari kompresor C3065 ialah :

$$\dot{m} = \frac{1669,48 \times 0,702}{60} = 19,53 \text{ lb/s}$$

$$\dot{m} = 19,53 \text{ lb/s} \times \frac{1}{2,2046 \text{ kg/s}} = 8,86 \text{ kg/s}$$

Maka daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan poros kompresor adalah :

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times H_{isen} \times Q_{std} \times SG}{\eta}$$

$$W_{cc} = \frac{1,6417 \times 10^{-3} \times 54196,51 \times 33 \times 0,67}{83,09\%} = 2352,83 \text{ HP}$$

$$W_{cc} = 2352,83 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 1754,53 \text{ kW}$$

Dan daya yang diperlukan untuk mengalirkan gas, yaitu :

$$W_{gas} = W_{cc} \times \eta_{mech} = 2352,83 \times 98\% = 2305,78 \text{ HP}$$

$$W_{gas} = 2305,78 \text{ HP} \times \frac{1}{1,341 \text{ kW}} = 1719,45 \text{ kW}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui parameter pokok yang paling berpengaruh dalam operasi kompresor sentrifugal C3065 ialah.

| No | Parameter | Simbol | Design | Aktual | Satuan |
|----|-------------------|-------------------|-----------|-----------|--------|
| 1 | Tekanan masuk | P ₁ | 1481,02 | 1374,15 | kPa |
| 2 | Tekanan keluar | P ₂ | 4724,99 | 4283,73 | kPa |
| 3 | Temperatur masuk | T ₁ | 115 | 115 | °F |
| 4 | Temperatur keluar | T ₂ | 303,4 | 272 | °F |
| 5 | Kapasitas | Q | 2247,4 | 1669,48 | cfm |
| 6 | Aliran massa | m | 11,28 | 8,86 | kg/s |
| 7 | Head isentropik | H _{isen} | 155949,67 | 153531,19 | kJ/kg |
| 8 | Daya kompresor | W _{cc} | 2765,08 | 1754,53 | kW |
| 9 | Daya gas | W _{gas} | 2709,78 | 1719,45 | kW |
| 10 | Putaran | N | 13985 | 13985 | rpm |
| 11 | Efisiensi | η | 76,73 | 83,09 | % |

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Parameter Pokok Kompresor C3065

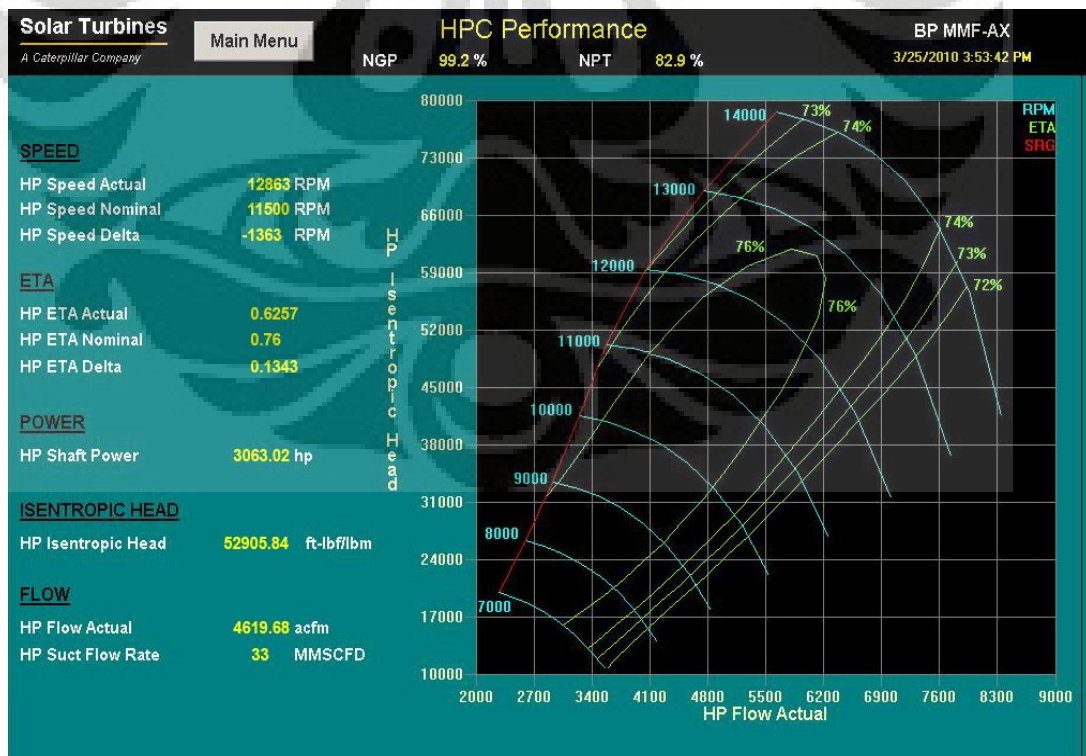
IV.3 ANALISIS

Hasil pengolahan data operasional set turbin gas dan kompresor sentrifugal ini dapat dilihat untuk waktu pagi, siang, sore, dan malam. Namun, untuk mempermudah dalam analisis maka data – data tersebut diambil sampel saja agar analisis menjadi lebih fokus. Hal ini dikarenakan gas yang mengalir

pada kompresor merupakan gas hasil pengambilan dari sumur minyak, pengaturan temperatur dan tekanan dilakukan pada transmitter yang terpasang di dekat *scrubber tank*. Data diambil pada tanggal 16 februari 2010 pukul 17.00 WIBB.

Kompresor sentrifugal C5054 dan C3065 merupakan dua kompresor yang bekerja secara berurutan dan memiliki fungsi untuk aplikasi *gas lifting*, yaitu aplikasi yang menginjeksikan gas ke sumur minyak untuk dicampur dengan minyak mentah agar mempermudah pengambilan dari atas. Hal utama yang harus diperhatikan dalam kompresor sentrifugal adalah seberapa besar kapasitas yang mengalir di dalam kompresor, head yang dihasilkan, serta efisiensi yang terjadi pada kompresor selama proses kompresi gas. Dari pengumpulan data operasional, yang tercatat adalah besarnya tekanan hisap dan tekanan keluar, temperature masuk dan temperature keluar, putaran poros penggerak kompresor, serta laju aliran volum pada kondisi standar yaitu pada tekanan 14,7 Psia dan temperature 520 °R. Temperatur, tekanan, dan debit gas yang mengalir pada kedua kompresor telah mengalami penyesuaian pada *temperature transmitter* (TT), *pressure transmitter* (PT), dan *flow transmitter* (FT) yang terletak di dekat *scrubber tank*.

IV.3.1 Analisa Kinerja Kompresor Sentrifugal C5054



Grafik 4.3 Grafik performa kompresor sentrifugal C5054

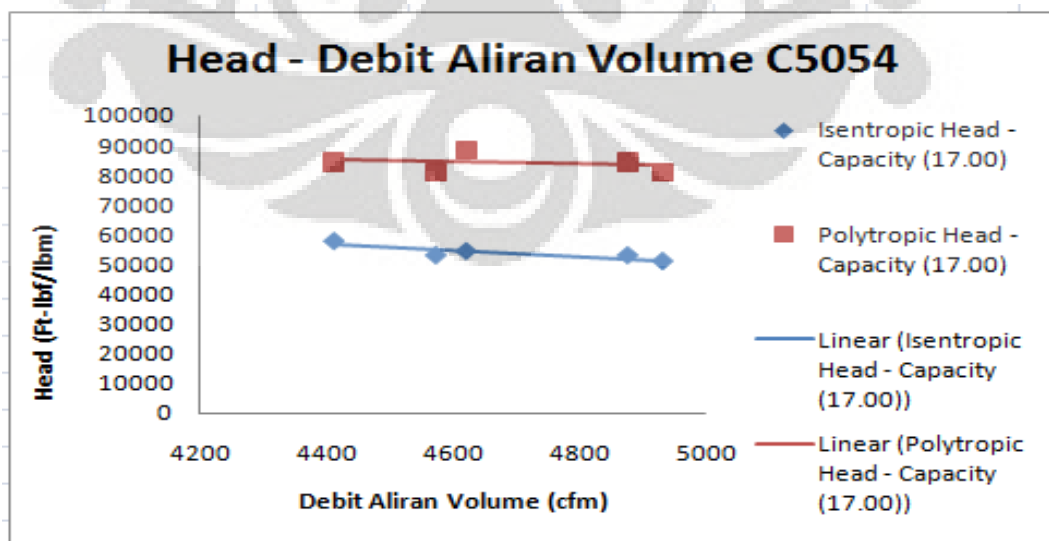
Grafik diatas menunjukkan hubungan antara head isentropik dengan debit aliran gas yang dialirkan ketika kondisi aktual dan kondisi nominal. Kondisi aktual yang dimaksud, yaitu suatu kondisi yang diciptakan melalui pendekatan formula empiris. Sedangkan kondisi nominal merupakan kondisi yang tercipta ketika head isentropis dan debit aliran diplot ke dalam grafik yang telah disediakan oleh pembuat kompresor set, yaitu Solar Inc. Ketika head isentropik, debit aliran, dan daya yang dihasilkan sama, maka nilai yang tertera pada grafik terlihat perbedaan antara kondisi aktual dan nominal.

Kondisi aktual menyebutkan bahwa dengan head 52905,84 ft-lbf/lbm dan debit 4619.68 cfm, maka putaran yang dihasilkan ialah 12863 rpm dan efisiensi kerja kompresor sebesar 62,57%. Sedangkan ketika di-plot pada grafik, maka putaran yang dihasilkan ialah sekitar 11500 rpm dengan efisiensi sekitar 76%. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat delta antara efisiensi dan putaran nominal dengan kondisi aktual. Hal ini terjadi karena grafik yang dibuat oleh pabrik merupakan grafik pada kondisi ideal, dimana letak kompresor, kalibrasi transmitter, cara pembacaan, kondisi gas, fungsi dari kompresor, dan berbagai faktor terkait yang menjadikan kompresor dapat dioperasikan secara ideal. Delta yang terjadi pada efisiensi dan putaran kompresor dianggap wajar bila dalam batas toleransi $\pm 6\%$. Apabila harga efisiensi dan putaran kompresor diluar batas toleransi maka terdapat hal-hal yang patut dicurigai dalam operasional kompresor.

Pada kompresor C5054 dinyatakan bahwa putaran aktual ialah 12863 rpm sedangkan putaran nominal menyatakan harga 11500 rpm. Dari kedua harga tersebut, terdapat delta sekitar 11,85% atau melampaui 6%. Sedangkan efisiensi aktual kompresor menyatakan nilai efisiensi aktual 62,57% dan efisiensi nominal ada di kisaran 76%, maka delta efisiensi sebesar -17,67%. Namun demikian, kompresor C5054 masih dikatakan beroperasi normal meskipun delta efisiensi dan putaran berada di luar batas toleransi. Hal ini disebabkan, kompresor sentrifugal yang digunakan ialah tipe kompresor yang tidak diperuntukkan untuk *gas sales*. Bila gas yang dihasilkan, digunakan untuk gas sales, maka standar pengukuran aliran harus mengikuti aturan yang ditetapkan oleh American Gas Association (AGA) no. 8, dimana disebutkan bahwa jarak orifice meter run dari kompresor harus 10 ft. Dari data didapatkan bahwa kompresor bekerja pada

kecepatan putar yang tinggi dan efisiensi yang rendah. Dari metode diagnosa yang dikeluarkan oleh perusahaan pembuat kompresor set, efisiensi yang rendah dan kecepatan putar yang melebihi 6% dimungkinkan karena adanya permasalahan pada pengukuran aliran (*flow measurement*). Apabila aliran tinggi, maka head yang dibutuhkan pun tinggi sehingga putaran yang dihasilkan juga akan tinggi, maka secara otomatis daya yang dihasilkan pun akan meningkat. Sedangkan peningkatan efisiensi berbanding terbalik dengan daya. Sehingga ketika daya meningkat, maka efisiensi akan turun.

Pengukuran aliran gas yang direkomendasikan oleh perusahaan pembuat kompresor ialah menggunakan *orifice meter run* atau peralatan pengukur aliran sejenis. Pengukuran aliran gas pun harus memenuhi spesifikasi *American Gas Association* (AGA) untuk ukuran pipa spesifik dan jangkauan aliran. Tekanan statik pada alat pengukur aliran harus dikalibrasikan hingga tingkat keakurasiannya sesuai dengan alat pengukur tekanan pada bagian *inlet* dan *discharge* kompresor, serta perbedaan tekanan pada alat pengukur aliran harus diukur dengan sebuah *water manometer*. Namun demikian, letak kompresor pada kompresor C5054 tidak mengikuti aturan yang telah dibuat oleh AGA. Letak *orifice meter run* disusun sedekat mungkin dengan kompresor C5054. Hal ini diperuntukkan agar mencegah kondisi *surge* dari kompresor. Sehingga dapat dikatakan bahwa kompresor C5054 bekerja pada kondisi normal, meskipun terjadi delta efisiensi dan putaran yang tidak dalam batas toleransi $\pm 6\%$.



Grafik 4.4 Grafik hubungan head dengan debit aliran kompresor sentrifugal C5054

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara head isentropik dan head polytropik dengan debit aliran volume selama bulan february hingga maret. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, energi yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas atau head dipengaruhi antara lain oleh komposisi gas, faktor kompresibilitas gas, tekanan masuk dan keluar, serta panas jenis spesifik. Pada kompresor C5054 tingginya debit aliran yang mengalir, menyebabkan head yang dihasilkan menurun. Debit yang tinggi berbanding terbalik dengan kerapatan massa gas. Semakin rapat gas, maka head yang dibutuhkan semakin besar. Karena pada kompresor C5054, kerapatan massa rendah maka head yang dihasilkan pun semakin rendah. Sehingga semakin tinggi debit aliran, maka head yang dihasilkan pun semakin rendah. Hal ini terlihat dari grafik performa hubungan head – debit diatas. Namun demikian, terdapat perbedaan harga antara head isentropik dengan head polytropik. Head isentropik gas pada kompresor C5054 tidak sebesar head polytropik yang dihasilkan oleh kompresor yang sama dalam mengalirkan suatu aliran gas. Pada head isentropik, proses yang terjadi diasumsikan ideal, dimana proses berlangsung pada entropi konstan, meskipun pada kenyataannya energi panas selama aliran gas mengalir tidak bisa diubah secara keseluruhan menjadi kerja karena ada kerugian. Head isentropik dihasilkan untuk mencapai rasio tekanan tertentu yang didapatkan dari data *operasional point* kompresor.

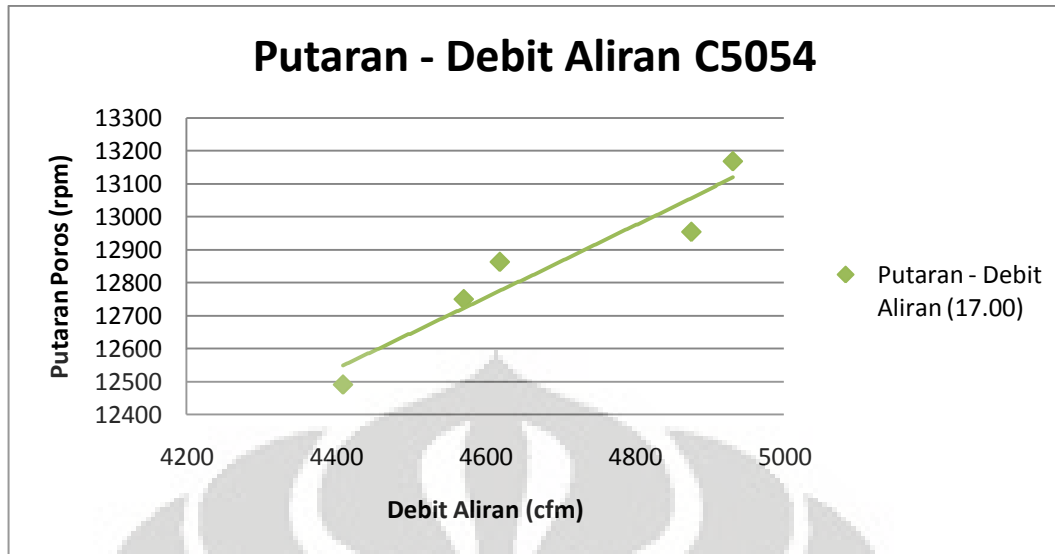
Dengan munculnya kerugian – kerugian secara mekanis dan aerodinamis, rasio tekanan yang diharapkan tidak tercapai. Kerugian mekanis yang terjadi antara lain terjadi pada *seal* dan gesekan pada *bearing*. Sedangkan kerugian secara aerodinamis disebabkan oleh perputaran *impeller*. Head sebanding dengan diameter *impeller*, maka ketika *boundary layer* pada *impeller tip* berkurang, maka kemampuan *impeller* untuk mempercepat aliran gas semakin berkurang. Dengan berkurangnya efektivitas dari permukaan *impeller*, maka head dan debit aliran yang dihasilkan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu pun akan berkurang. Oleh karena itu, head yang dihasilkan pun harus ditingkatkan. Head yang dibutuhkan untuk sebagai kompensasi terhadap terjadinya *losses* pada aliran gas tersebut disebut dengan head polytropik.

Pada head polytropik, tekanan dan temperatur yang masuk pada kompresor C5054 berbeda dengan saat keluar. Hal ini dipengaruhi sifat gas yang mengalir

pada kompresor. Pada head isentropik, panas yang dibutuhkan untuk meningkatkan temperatur per unit massa aliran gas yang mengalir atau rasio spesifik panas didapatkan dengan membandingkan antara panas jenis pada tekanan konstan dengan panas jenis pada volume konstan. Namun pada kondisi aktual, tekanan dan volume senantiasa berubah, karena adanya proses perpindahan panas. Untuk mendapatkan panas jenis spesifik, maka tekanan dan temperatur saat masuk dan keluar dibandingkan hingga didapatkan eksponen polytropik yang mewakili panas jenis spesifik pada kondisi polytropik. Turunnya tekanan menyebabkan peningkatan eksponen polytropik hal ini menyebabkan peningkatan head polytropik sebesar 15,15%. Peningkatan nilai head polytropik ini diikuti dengan penurunan efisiensi sebesar 21,30%.

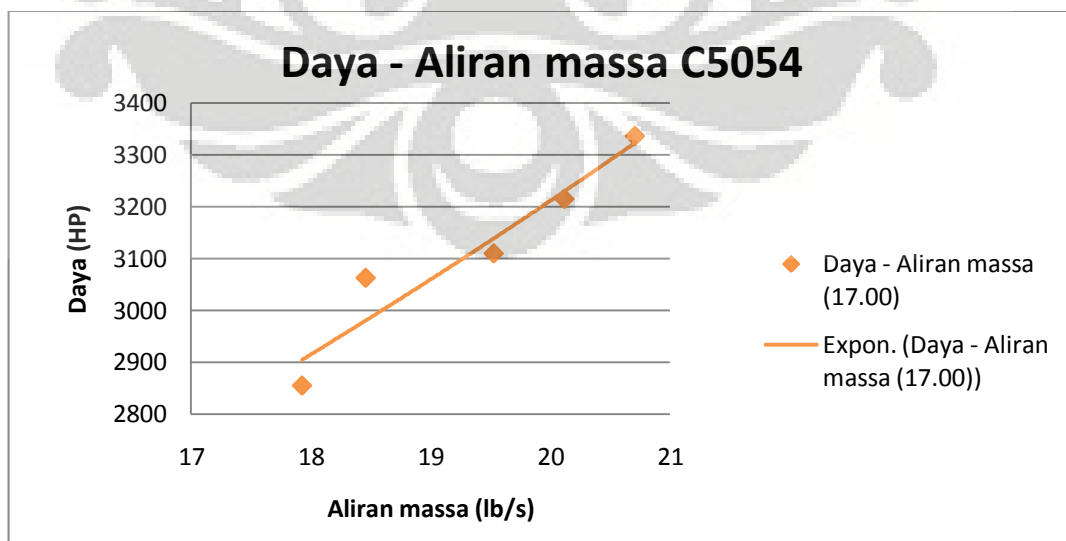
Untuk mendapatkan efisiensi sesungguhnya dari kinerja kompresor, head isentropik dan head polytropik dibandingkan sehingga didapatkan suatu nilai tertentu. Pada tanggal 16 februari 2010, efisiensi yang dihasilkan ialah 62,57%. Nilai diatas menunjukkan bahwa 62,57% dari head yang dihasilkan oleh kompresor digunakan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu, sedangkan sisanya terkonsumsi oleh *internal losses* yang terjadi di dalam kompresor. Selain itu, head yang dihasilkan dan debit yang dialirkan pada kompresor sentrifugal C5054 lebih besar nilainya dibandingkan dengan kompresor C3065. Hal ini dikarenakan pada kompresor C5054, diameter impeller lebih besar yaitu 50 inch. Dengan semakin besarnya impeller, aliran yang dapat mengalir pun dimungkinkan akan mengalami peningkatan sehingga head yang dihasilkan akan meningkat juga.

Namun untuk aliran massa yang mengalir dimungkinkan mengalami penurunan. Hal ini dapat terjadi ketika densitas tidak sebanding dengan debit yang mengalir. Semakin besar debit gas yang mengalir, maka kerapatan massa dari gas akan semakin berkurang. Kerapatan massa dipengaruhi oleh tekanan hisap. Dengan semakin kecilnya tekanan hisap, maka debit yang mengalir pun meningkat. Peningkatan debit ini mempengaruhi head yang dihasilkan. Dengan peningkatan head yang dihasilkan dan debit gas yang mengalir, maka daya untuk menggerakkan impeller akan semakin besar.



Grafik 4.5 Grafik hubungan putaran dengan debit aliran kompresor sentrifugal C5054

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara putaran poros kompresor yang terhubung dengan debit aliran yang mengalir pada kompresor. Semakin tinggi putaran pada poros kompresor, debit gas yang dialirkan pun semakin besar. Untuk menjaga tekanan gas keluar kompresor yang konstan dengan tekanan gas masuk, maka kompresor diharuskan beroperasi dengan putaran tinggi, akibatnya daya yang dibutuhkan oleh kompresor bertambah. Dengan daya yang semakin meningkat, debit aliran gas yang mengalir pun semakin besar dari awal bulan februari hingga akhir bulan maret. Namun, putaran yang dihasilkan tidak sebesar putaran yang dihasilkan oleh kompresor C3065. Hal ini disebabkan karena beban kerja dari kompresor C5054 lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor C3065.

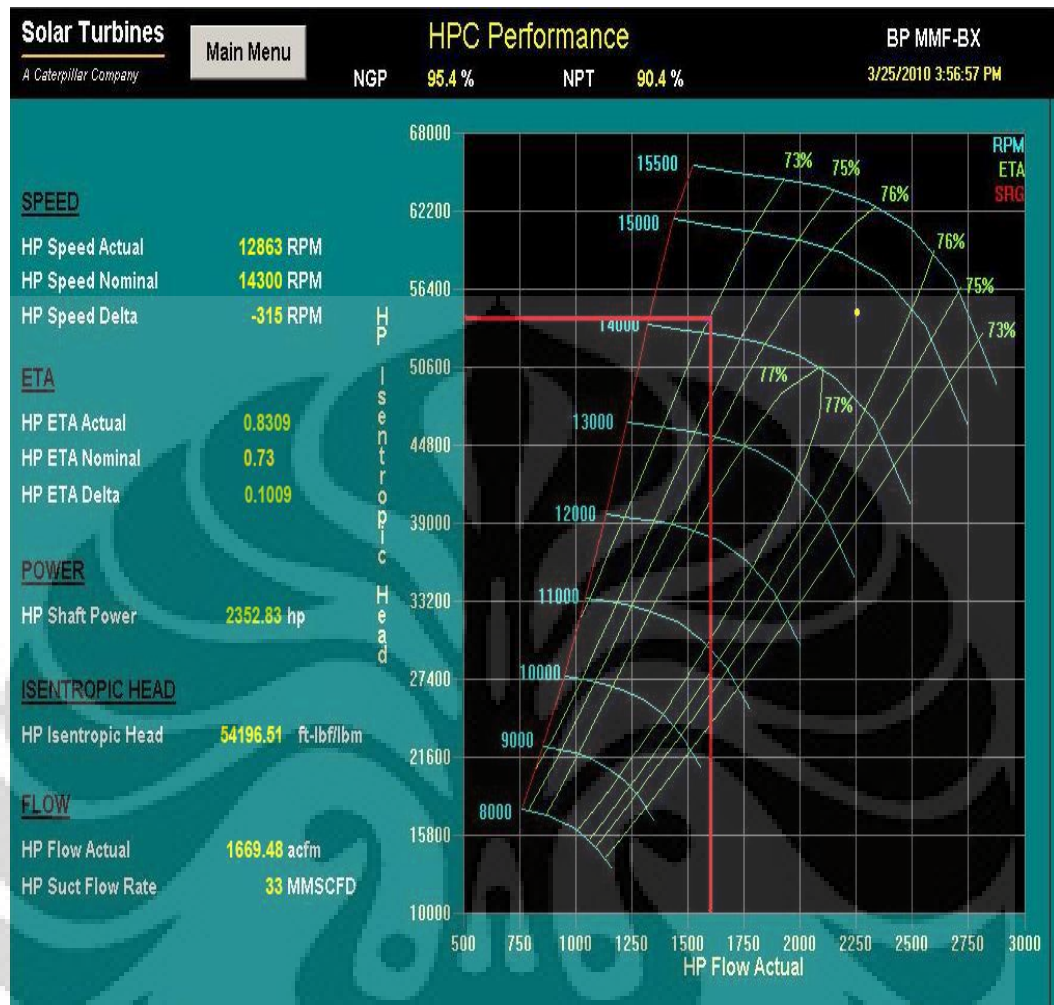


Grafik 4.6 Grafik hubungan daya dengan aliran massa kompresor sentrifugal C5054

Aliran massa yang mengalir pada kompresor sentrifugal selama periode bulan februari hingga maret rata – rata berkisar 17,93 – 20,71 lb/s. Aliran massa pada kompresor konstan yang berarti aliran massa pada saat masuk harus sama dengan ketika meninggalkan kompresor. Aliran massa dipengaruhi oleh densitas gas yang mengalir pada kompresor. Densitas gas dipengaruhi oleh tekanan hisap, temperatur hisap, faktor kompresibilitas dan nilai spesifik gravity dari gas. Tekanan hisap yang rendah menyebabkan head yang dihasilkan untuk mengalirkan gas pada kompresor semakin besar. Peningkatan head memiliki korelasi terhadap kebutuhan daya untuk mengalirkan gas. Semakin besar head yang dihasilkan, maka daya yang dibutuhkan pun akan semakin meningkat.

Daya memiliki korelasi linear terhadap peningkatan aliran massa dan head yang dihasilkan. Namun peningkatan aliran massa tidak sebanding dengan head yang dihasilkan. Ketika tekanan hisap saat masuk tinggi maka menandakan bahwa aliran massa yang mengalir pun tinggi sehingga daya yang dibutuhkan meningkat. Begitu juga dengan penurunan temperatur hisap kompresor yang menyebabkan kerapatan massa dari gas semakin besar sehingga lebih sulit untuk dikompresikan sehingga daya yang dibutuhkan pun akan mengalami peningkatan. Bila jenis gas berubah komposisinya dan spesifik gravity gas turun, maka aliran massa yang mengalir pun akan semakin rendah. Jenis dan komposisi gas yang mengalir masuk ke kompresor ditentukan dari seberapa sempurna proses pemisahan gas dengan kontaminan asing pada separator. Pada kompresor sentrifugal C5054, Peningkatan debit aliran menyebabkan laju aliran massa naik, sehingga daya yang dibutuhkan kompresor juga mengalami peningkatan. Daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas ialah berkisar 2855,45 – 3336,28 HP.

IV.3.2 Analisa Kinerja Kompresor Sentrifugal C3065

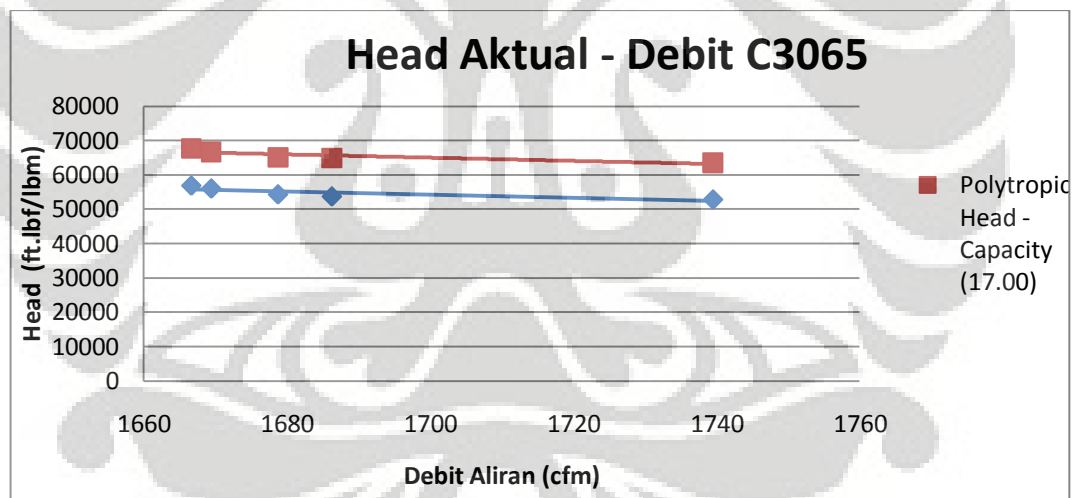


Grafik 4.7 Grafik performa kompresor sentrifugal C3065

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara head isentropik dengan debit aliran gas yang mengalir pada kompresor pada kondisi aktual dan kondisi nominal. Dapat dilihat bahwa pada grafik performa kompresor C3065 ketika head isentropik, debit aliran, dan daya yang dihasilkan sama, maka nilai yang tertera pada grafik terlihat perbedaan antara kondisi aktual dan nominal.

Kondisi aktual menyebutkan bahwa dengan head 54196,51 ft-lbf/lbm dan debit 1669,48 cfm, maka putaran yang dihasilkan ialah 13985 rpm dan efisiensi kerja kompresor sebesar 83,09%. Sedangkan ketika di-plot kedalam grafik maka putaran yang dihasilkan ialah sekitar 14300 rpm dengan efisiensi sekitar 73%. Dari data tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat delta antara efisiensi dan putaran nominal dengan kondisi aktual. Delta pada efisiensi dan putaran kompresor dianggap wajar bila dalam batas toleransi $\pm 6\%$.

Putaran aktual yang terjadi pada kompresor C3065 ialah 13985 rpm, sedangkan putaran nominal menyatakan harga 14300 rpm. Dari kedua harga tersebut, terdapat delta sekitar 2,2% atau masih dalam zona toleransi 6%. Sedangkan efisiensi aktual kompresor menyatakan nilai efisiensi aktual 83,09% dan efisiensi nominal ada di kisaran 73% sehingga didapatkan delta efisiensi sebesar -13,82%. Dari metode diagnosa yang terdapat pada lampiran, maka dapat diketahui bahwa terdapat sesuatu yang patut dicurigai pada pengaturan temperatur gas yang akan masuk ke dalam kompresor. Namun demikian, seperti pada kompresor sebelumnya, kompresor C3065 tidak digunakan untuk *gas sales*. Apabila kompresor digunakan untuk dijual ke konsumen, maka pengaturan temperatur harus mengikuti standar yang telah ditetapkan oleh *American Gas Society* (AGA). Kompresor sentrifugal ini hanya digunakan untuk *gas lifting* semata, sehingga pengaturan di platform bersangkutan menyesuaikan dengan kondisi lapangan. Sehingga kondisi kerja dari kompresor C3065 masih berada dalam zona operasi kerja sehingga kinerja kompresor tersebut tergolong aman.



Grafik 4.8 Grafik head isentropik - debit aliran kompresor sentrifugal C3065

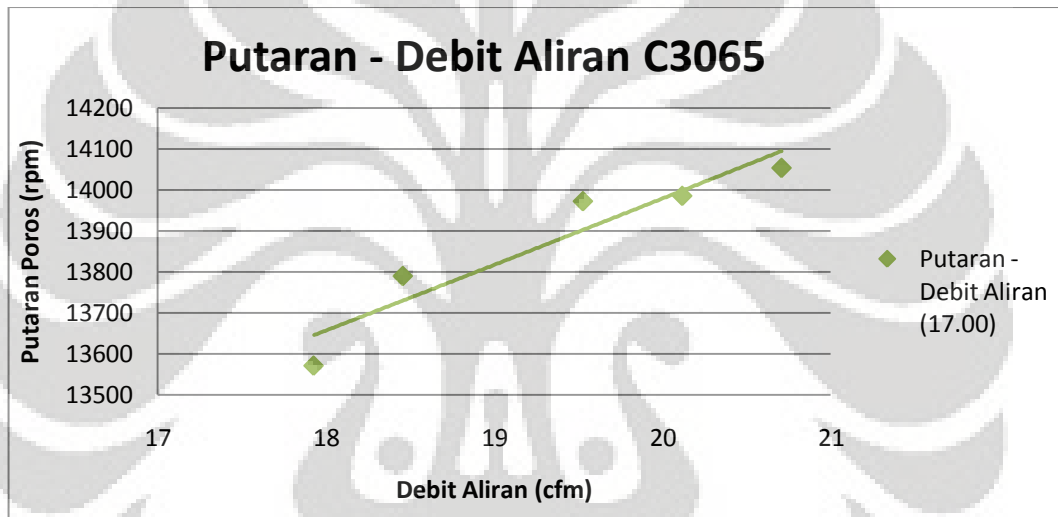
Kedua grafik diatas menunjukkan hubungan antara head isentropik dan head polytropik dengan debit aliran volume. Head dipengaruhi antara lain oleh komposisi gas, faktor kompresibilitas gas, tekanan masuk dan keluar, serta panas jenis spesifik. Pada grafik performa hubungan head – debit diatas dapat dilihat bahwa peningkatan head tidak sebanding dengan debit aliran yang mengalir. Semakin besar debit aliran gas yang mengalir, maka head yang dihasilkan pun semakin rendah. Head dan debit yang mengalir ditentukan oleh tekanan masuk.

Tekanan masuk sendiri sebanding dengan kerapatan gas. Sehingga semakin tinggi tekanan masuk gas, maka debit yang dialirkan semakin rendah. Dengan debit yang semakin rendah, maka head yang dihasilkan pun semakin rendah. Namun hal tersebut berlaku apabila putaran dari poros kompresor tidak konstan. Karena pada kompresor C3065 ini putaran poros stabil, maka peningkatan debit aliran gas akan menyebabkan penurunan head yang dibutuhkan. Selain itu, terkait dengan nilai head dan debit pada kompresor C3065 yang lebih rendah dibandingkan kompresor C5054, terkait dengan tekanan masuk gas pada kompresor. Semakin besar tekanan hisap, maka head yang dihasilkan dan debit yang dapat dialirkan pun semakin rendah. Selain faktor tekanan, kerja yang dilakukan oleh kompresor C3065 tidak sebesar kerja yang dilakukan oleh kompresor C5054. Hal ini terlihat dari rasio kompresi kedua kompresor. Rasio kompresi per tingkat yang terjadi pada kompresor C5054 sebesar 1,315. Sedangkan rasio kompresi per tingkat yang terjadi pada kompresor C3065 sebesar 1,249. Kompresor C3065 hanya meneruskan kerja gas yang dialirkan oleh kompresor sebelumnya. Gas yang telah melewati kompresor C3065 kemudian digunakan untuk aplikasi *gas lift* pada sumur minyak di daerah sekitar laut Jawa. Head yang dihasilkan oleh kompresor C3065 pun tidak sebesar head yang dihasilkan oleh kompresor C5054 diakibatkan kerapatan massa pada gas semakin tinggi. Selain itu, kompresor C3065 juga memiliki diameter impeller yang lebih kecil sehingga aliran gas yang masuk pun tidak sebesar kompresor C5054.

Seperti pada kompresor C5054, harga antara head isentropik dengan head polytropik memiliki perbedaan. Head isentropik gas pada kompresor C5054 tidak sebesar head polytropik yang dihasilkan oleh kompresor yang sama dalam mengalirkan suatu aliran gas. Pada head isentropik, proses yang terjadi diasumsikan ideal, dimana proses berlangsung pada entropi konstan. Namun demikian, dengan adanya kerugian – kerugian secara mekanis dan aerodinamis, rasio tekanan yang diharapkan tidak tercapai. Kerugian mekanis yang terjadi antara lain terjadi pada *seal* dan gesekan pada *bearing*. Sedangkan kerugian secara aerodinamis disebabkan oleh perputaran *impeller*. Dengan berkurangnya efektivitas dari permukaan *impeller*, maka head yang dihasilkan dan tekanan yang dibutuhkan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu pun akan berkurang,

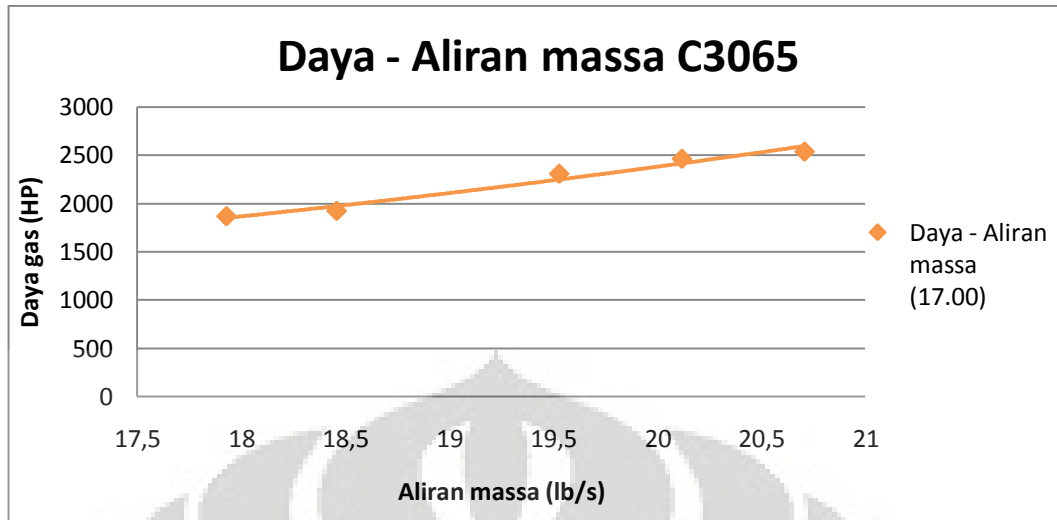
sehingga head yang dibutuhkan pun harus ditingkatkan. Head yang dibutuhkan untuk mengkonversikan *losses* yang terjadi disebut head polytropik.

Pada tanggal 16 februari 2010, efisiensi yang dihasilkan oleh kompresor sentrifugal C3065 ialah 83,09%. Nilai diatas menunjukkan bahwa 83,09% dari head yang dihasilkan oleh kompresor digunakan untuk mencapai suatu rasio tekanan tertentu, sedangkan sisanya terkonsumsi oleh *internal losses* yang terjadi di dalam kompresor. Dapat dilihat bahwa efisiensi yang terjadi pada kompresor C3065 lebih kecil dibandingkan kompresor C5054. Hal ini terjadi karena head polytropik yang dibutuhkan untuk menggantikan kerugian yang terjadi lebih kecil sehingga efisiensi kompresor pun meningkat.



Grafik 4.10 Grafik hubungan putaran dengan debit aliran kompresor sentrifugal C3065

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara putaran poros kompresor yang terhubung dengan debit aliran yang mengalir pada kompresor. Semakin tinggi putaran pada poros kompresor, debit gas yang dialirkan pun semakin besar. Untuk menjaga tekanan gas keluar kompresor yang konstan dengan tekanan gas masuk, maka kompresor diharuskan beroperasi dengan putaran tinggi, akibatnya daya yang dibutuhkan oleh kompresor bertambah. Dengan daya yang semakin meningkat, debit aliran gas yang mengalir pun semakin besar dari awal bulan februari hingga akhir bulan maret. Namun, putaran yang dihasilkan tidak sebesar putaran yang dihasilkan oleh kompresor C3065. Hal ini disebabkan karena beban kerja dari kompresor C5054 lebih tinggi dibandingkan dengan kompresor C3065.



Grafik 4.11 Grafik hubungan daya dengan aliran massa kompresor sentrifugal C3065

Aliran massa yang mengalir pada kompresor sentrifugal selama periode bulan februari hingga maret rata – rata berkisar 17,93 – 20,71 lb/s. Aliran massa pada kompresor konstan yang berarti aliran massa yang mengalir pada kompresor C5054 sama dengan aliran massa yang mengalir pada kompresor C3065. Aliran massa dipengaruhi oleh densitas gas yang mengalir pada kompresor. Densitas gas dipengaruhi oleh tekanan hisap, temperatur hisap, faktor kompresibilitas dan nilai spesifik gravity dari gas. Pada kompresor sentrifugal C3065, daya yang dibutuhkan untuk mengkompresikan gas tidak sebesar gas yang mengalir pada kompresor C5054. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor untuk mengalirkan fluida dipengaruhi oleh head yang dihasilkan dan aliran massa. Dengan head yang dihasilkan lebih rendah oleh kompresor C3065 dibandingkan dengan kompresor C5054, maka daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor pun semakin kecil. Selain itu, debit yang dialirkan pada kompresor sentrifugal C3065 lebih rendah dibandingkan dengan kompresor C5054 sehingga daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan impeller pun semakin kecil dibandingkan dengan C5054. Meskipun aliran yang mengalir pada kompresor C3065 lebih rendah, namun temperatur hisap dan tekanan masuk kompresor lebih besar dibandingkan kompresor C5054, sehingga densitas aliran yang mengalir pada kompresor semakin tinggi. Hal ini menyebabkan aliran massa tetap konstan meskipun laju aliran berkurang. Daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan gas pada kompresor sentrifugal C3065 berkisar 1865,16 – 2535,69 HP.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

Dari analisa terhadap kompresor sentrifugal C5054 dan kompresor C3065, maka dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

1. Pada kompresor sentrifugal C5054 dan kompresor C3065 ditemukan perbedaan putaran poros penggerak kompresor dan efisiensi antara nilai aktual yang didapatkan berdasarkan formula empiris dengan nilai nominal yang didapatkan dengan memasukkan nilai head isentropik dan debit aliran gas. Hal ini dianggap wajar apabila perbedaan antara nilai nominal dengan nilai aktual ada di kisaran 6%.
2. Pada kompresor sentrifugal C5054, delta yang terdapat antara nilai nominal dengan nilai aktual pada putaran poros kompresor ialah 11,85%. Sedangkan efisiensi yang dihasilkan terdapat perbedaan -17,67%.
3. Pada kompresor sentrifugal C3065, delta yang terjadi pada putaran poros kompresor ialah 2,2% dan delta yang terjadi pada efisiensi yang dihasilkan oleh kompresor berkisar -13,82%.
4. Perbedaan tersebut untuk sistem kompresor yang difungsikan untuk gas lift masih dianggap aman karena pengaturan terhadap aliran, temperatur, dan tekanan disesuaikan dengan kebutuhan lapangan.
5. Head yang dihasilkan dan debit aliran yang mengalir pada kompresor C5054 lebih besar dibandingkan pada kompresor C3065. Hal ini dipengaruhi oleh diameter impeller, tekanan hisap, temperatur hisap, dan rasio kompresi gas.
6. Pada kompresor C3065, putaran pada poros kompresor lebih besar dibandingkan kompresor C5054. Hal ini dipengaruhi oleh debit aliran yang masuk pada kompresor. Semakin sedikit debit yang mengalir, maka putaran poros semakin ringan sehingga dapat menghasilkan putaran yang semakin tinggi.

7. Daya yang dihasilkan oleh kompresor C5054 lebih tinggi dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh kompresor C3065. Hal ini terjadi karena head yang dihasilkan oleh kompresor C5054 lebih tinggi sehingga daya untuk mengalirkan fluida dan memutar poros pun semakin tinggi dibandingkan kompresor C3065.
8. Aliran massa yang mengalir pada kedua kompresor tetap konstan, meskipun debit aliran dan densitas gas yang mengalir berubah – ubah.

V.2 SARAN

Dari analisa kinerja kompresor sentrifugal C5054 dan C3065 ini, ada beberapa saran yang dapat digunakan sebagai masukan untuk peningkatan performa kedua kompresor sebagai berikut:

1. Kompresor C5054 mengalami kondisi efisiensi yang rendah, namun putaran poros yang tinggi. Hal yang dapat dilakukan ialah pengecekan terhadap sistem pengukuran aliran gas pada kompresor tersebut.
2. Pada pengambilan data selama periode bulan februari hingga maret, ditemukan beberapa data yang memiliki delta yang signifikan dibandingkan dengan rata – rata data yang diambil, seperti pada tekanan hisap, tekanan keluar, temperatur hisap, dan temperatur keluar. Sebaiknya diadakan kalibrasi ulang sehingga data yang diperoleh dapat lebih *valid*.
3. Untuk meningkatkan efisiensi pada kompresor, sebaiknya diadakan inspeksi pada separator yang memisahkan antara gas dengan kontaminan asing. Kontaminan yang terbawa pada aliran gas dapat menurunkan efisiensi kerja dari kompresor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. *“Operational & Maintenance Centaut CS”*. Solar Turbines A Caterpillar Company
- [2]. DeWitt, David P, *“Introduction to Thermal Systems Engineering”*. Danver : John Willey & Sons, Inc. 2003
- [3]. Canhel, Yunus A, *“ Thermodynamics an Engineering Aproach”*. Boston: McGraw-Hill.1998.
- [4]. *“Gas compression Principles and Application”*. Solar turbin A Caterpillar
- [5] Sawyer, john W, *“ Sawyer’s Gas Turbine Engineering Handbook”*, Stanford: Gas Turbine Publication.Inc.1976.
- [6] Saprio, Leon, *“ Centrifugal Gas Compressor Basic Aero-Thermodynamic Concept for Selection and Peformance Evaluation”*. San Diego: Solar Turbines Inc. 1997.
- [7] Hanlon,Paul C, *“ Compressor Handbook”*, Boston: McGraw-Hill.2001.
- [8] Lapina, Ronald P, *“Estimating Centrifugal Compressor Performance”*, Houston: Gulf Publishing Company.1982
- [9] Dietzel, Fritz, *“Turbin, Pompa, dan Kompresor“*, Jakarta: Penerbit Erlangga. 1997
- [10] Supratman, Bara, *“Refrigerasi dan Pengkondisian Udara“*, Jakarta: Penerbit Erlangga. 1996
- [11] Melly, Recia K, *“Analisa Matching Turbin Gas dan Kompresor Set “*, Skripsi. 2006



Lampiran

LAMPIRAN

Hasil Pengolahan Data Operasional Dan Aktual Kompresor Sentrifugal

Konversi satuan:

| | | | |
|--------|----------------|---------------|-------------------|
| 1 HP | = 0,7457 kW | 1 Ft.lbf/lbm | = 2,8329 kJ/kg |
| 1 Psia | = -94,4296 kPa | 1 Lb/s | = 0,4536 kg/s |
| 1 °F | = 459,67 °R | Konstanta Gas | = 1545 Ft.lbf/lbm |

Februari C5054

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Press (PSIA) | | | | Comp_Disch_Press (PSIA) | | | |
|---------|--------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 73 | 73 | 74 | 71 | 219 | 218 | 220 | 218 |
| 2 | Selasa | 73 | 73 | 74 | 71 | 219 | 218 | 220 | 218 |
| 3 | Rabu | 73 | 73 | 74 | 71 | 219 | 218 | 220 | 218 |
| 4 | Kamis | 73 | 73 | 74 | 71 | 219 | 218 | 220 | 218 |
| 5 | Jumat | 73 | 73 | 74 | 71 | 219 | 218 | 220 | 218 |
| 6 | Sabtu | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 7 | Minggu | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 8 | Senin | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 9 | Selasa | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 10 | Rabu | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 11 | Kamis | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 12 | Jumat | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 13 | Sabtu | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 14 | Minggu | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 15 | Senin | 61 | 63 | 69 | 67 | 211 | 211 | 219 | 228 |
| 16 | Selasa | 71 | 73 | 73 | 70 | 225 | 223 | 225 | 224 |
| 17 | Rabu | 71 | 73 | 73 | 70 | 225 | 223 | 225 | 224 |
| 18 | Kamis | 71 | 73 | 73 | 70 | 225 | 223 | 225 | 224 |
| 19 | Jumat | 0 | 73 | 73 | 70 | 0 | 223 | 225 | 224 |
| 20 | Sabtu | 0 | 73 | 73 | 70 | 0 | 223 | 225 | 224 |
| 21 | Minggu | 0 | 73 | 73 | 70 | 0 | 223 | 225 | 224 |
| 22 | Senin | 0 | 73 | 73 | 70 | 0 | 223 | 225 | 224 |
| 23 | Selasa | 68 | 70 | 71,4 | 69 | 226 | 228 | 228 | 227 |
| 24 | Rabu | 69 | 63 | 66 | 65 | 226 | 221 | 224 | 225 |
| 25 | Kamis | 69 | 63 | 66 | 65 | 226 | 221 | 224 | 225 |
| 26 | Jumat | 69 | 63 | 66 | 65 | 226 | 221 | 224 | 225 |
| 27 | Sabtu | 69 | 63 | 66 | 65 | 226 | 221 | 224 | 225 |
| 28 | Minggu | 69 | 63 | 66 | 65 | 226 | 221 | 224 | 225 |

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Temp (Fahrenheit) | | | | Comp_Disch_Temp (Fahrenheit) | | | |
|---------|--------|-----------------------------|-------|-----------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 83 | 83 | 85 | 81 | 248 | 248 | 251 | 248 |
| 2 | Selasa | 83 | 83 | 85 | 81 | 248 | 248 | 251 | 248 |
| 3 | Rabu | 83 | 83 | 85 | 81 | 248 | 248 | 251 | 248 |
| 4 | Kamis | 83 | 83 | 85 | 81 | 248 | 248 | 251 | 248 |
| 5 | Jumat | 83 | 83 | 85 | 81 | 248 | 248 | 251 | 248 |
| 6 | Sabtu | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 7 | Minggu | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 8 | Senin | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 9 | Selasa | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 10 | Rabu | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 11 | Kamis | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 12 | Jumat | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 13 | Sabtu | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 14 | Minggu | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 15 | Senin | 83 | 86 | 85 | 83 | 264 | 264 | 264 | 267 |
| 16 | Selasa | 84 | 86 | 86 | 84 | 256 | 256 | 256 | 259 |
| 17 | Rabu | 84 | 86 | 86 | 84 | 256 | 256 | 256 | 259 |
| 18 | Kamis | 84 | 86 | 86 | 84 | 256 | 256 | 256 | 259 |
| 19 | Jumat | 0 | 86 | 86 | 84 | 0 | 256 | 256 | 259 |
| 20 | Sabtu | 0 | 86 | 86 | 84 | 0 | 256 | 256 | 259 |
| 21 | Minggu | 0 | 86 | 86 | 84 | 0 | 256 | 256 | 259 |
| 22 | Senin | 0 | 86 | 86 | 84 | 0 | 256 | 256 | 259 |
| 23 | Selasa | 83 | 83 | 85,2 | 83 | 263 | 261 | 261 | 263 |
| 24 | Rabu | 83 | 83 | 84 | 83 | 263 | 270 | 267 | 270 |
| 25 | Kamis | 83 | 83 | 84 | 83 | 263 | 270 | 267 | 270 |
| 26 | Jumat | 83 | 83 | 84 | 83 | 263 | 270 | 267 | 270 |
| 27 | Sabtu | 83 | 83 | 84 | 83 | 263 | 270 | 267 | 270 |
| 28 | Minggu | 83 | 83 | 84 | 83 | 263 | 270 | 267 | 270 |

| Tanggal | Hari | Suction_Compressibility_Factor (Z1) | | | | RPM_Actual | | | |
|---------|--------|-------------------------------------|---------|--------------|---------|------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,95265 | 0,95265 | 0,95375 | 0,95155 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 2 | Selasa | 0,95265 | 0,95265 | 0,95375 | 0,95155 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 3 | Rabu | 0,95265 | 0,95265 | 0,95375 | 0,95155 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 4 | Kamis | 0,95265 | 0,95265 | 0,95375 | 0,95155 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 5 | Jumat | 0,95265 | 0,95265 | 0,95375 | 0,95155 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 6 | Sabtu | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 7 | Minggu | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 8 | Senin | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 9 | Selasa | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 10 | Rabu | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 11 | Kamis | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 12 | Jumat | 0,9535 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 13 | Sabtu | 0,95155 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 14 | Minggu | 0,95155 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 15 | Senin | 0,95155 | 0,9556 | 0,9535 | 0,9525 | 13213 | 13122 | 13168 | 14170 |
| 16 | Selasa | 0,95155 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 12954 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 17 | Rabu | 0,95155 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 12954 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 18 | Kamis | 0,95155 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 12954 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 19 | Jumat | 0 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 0 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 20 | Sabtu | 0 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 0 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 21 | Minggu | 0 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 0 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 22 | Senin | 0 | 0,9543 | 0,954 | 0,953 | 0 | 12809 | 12863 | 13027 |
| 23 | Selasa | 0,95155 | 0,95155 | 0,9536 | 0,9525 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 24 | Rabu | 0,95155 | 0,95155 | 0,953 | 0,9538 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 25 | Kamis | 0,95155 | 0,95155 | 0,953 | 0,9538 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 26 | Jumat | 0,95155 | 0,95155 | 0,953 | 0,9538 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 27 | Sabtu | 0,95155 | 0,95155 | 0,953 | 0,9538 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |
| 28 | Minggu | 0,95155 | 0,95155 | 0,953 | 0,9538 | 12750 | 12686 | 12491 | 12686 |

| Tanggal | Hari | Isentropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | | Polytropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | |
|---------|--------|------------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------------|----------|-----------------|----------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 51121,43 | 50881,97 | 50893,52 | 52086,03 | 83134,45 | 81792,86 | 81286,79 | 84674,79 |
| 2 | Selasa | 51121,43 | 50881,97 | 50893,52 | 52086,03 | 82135,02 | 81792,86 | 81286,79 | 84674,79 |
| 3 | Rabu | 51121,43 | 50881,97 | 50893,52 | 52086,03 | 82135,02 | 81792,86 | 81286,79 | 84674,79 |
| 4 | Kamis | 51121,43 | 50881,97 | 50893,52 | 52086,03 | 82135,02 | 81792,86 | 81286,79 | 84674,79 |
| 5 | Jumat | 51121,43 | 50881,97 | 50893,52 | 52086,03 | 82135,02 | 81792,86 | 81286,79 | 84674,79 |
| 6 | Sabtu | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 7 | Minggu | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 8 | Senin | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 9 | Selasa | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 10 | Rabu | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 11 | Kamis | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 12 | Jumat | 58743,94 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96362,67 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 13 | Sabtu | 58623,80 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96165,60 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 14 | Minggu | 58623,80 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96165,60 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 15 | Senin | 58623,80 | 57447,70 | 54337,43 | 57802,09 | 96165,60 | 92613,78 | 88750,89 | 95635,40 |
| 16 | Selasa | 54044,84 | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | 87304,71 | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 17 | Rabu | 54044,84 | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | 87304,71 | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 18 | Kamis | 54044,84 | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | 87304,71 | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 19 | Jumat | | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 20 | Sabtu | | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 21 | Minggu | | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 22 | Senin | | 52449,35 | 52905,84 | 54644,39 | | 83909,14 | 84553,44 | 88785,07 |
| 23 | Selasa | 56477,85 | 55401,33 | 54687,29 | 55989,76 | 92859,64 | 90886,75 | 88535,34 | 92164,18 |
| 24 | Rabu | 55698,47 | 59382,50 | 57795,50 | 58801,83 | 91730,91 | 98563,49 | 94974,66 | 97748,40 |
| 25 | Kamis | 55698,47 | 59382,50 | 57795,50 | 58801,83 | 91730,91 | 98563,49 | 94974,66 | 97748,40 |
| 26 | Jumat | 55698,47 | 59382,50 | 57795,50 | 58801,83 | 91730,91 | 98563,49 | 94974,66 | 97748,40 |
| 27 | Sabtu | 55698,47 | 59382,50 | 57795,50 | 58801,83 | 91730,91 | 98563,49 | 94974,66 | 97748,40 |
| 28 | Minggu | 55698,47 | 59382,50 | 57795,50 | 58801,83 | 91730,91 | 98563,49 | 94974,66 | 97748,40 |

| Tanggal | Hari | Efficiency (η) | | | | Standard_Volume_Flow (mmscfd) | | | |
|---------|--------|-----------------------|-------|--------------|-------|-------------------------------|-------|-----------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 61,49 | 62,21 | 62,61 | 61,51 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 2 | Selasa | 62,24 | 62,21 | 62,61 | 61,51 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 3 | Rabu | 62,24 | 62,21 | 62,61 | 61,51 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 4 | Kamis | 62,24 | 62,21 | 62,61 | 61,51 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 5 | Jumat | 62,24 | 62,21 | 62,61 | 61,51 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 6 | Sabtu | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 7 | Minggu | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 8 | Senin | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 9 | Selasa | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 10 | Rabu | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 11 | Kamis | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 12 | Jumat | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 13 | Sabtu | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 14 | Minggu | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 15 | Senin | 60,96 | 62,03 | 61,22 | 60,44 | 30,3 | 31 | 33 | 33 |
| 16 | Selasa | 61,90 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 17 | Rabu | 61,90 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 18 | Kamis | 61,90 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 33 | 33 | 33 | 33 |
| 19 | Jumat | 0,00 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 0 | 33 | 33 | 33 |
| 20 | Sabtu | 0,00 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 0 | 33 | 33 | 33 |
| 21 | Minggu | 0,00 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 0 | 33 | 33 | 33 |
| 22 | Senin | 0,00 | 62,51 | 62,57 | 61,55 | 0 | 33 | 33 | 33 |
| 23 | Selasa | 60,82 | 60,96 | 61,77 | 60,75 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 24 | Rabu | 60,72 | 60,25 | 60,85 | 60,16 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 25 | Kamis | 60,72 | 60,25 | 60,85 | 60,16 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 26 | Jumat | 60,72 | 60,25 | 60,85 | 60,16 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 27 | Sabtu | 60,72 | 60,25 | 60,85 | 60,16 | 32 | 31 | 32 | 32 |
| 28 | Minggu | 60,72 | 60,25 | 60,85 | 60,16 | 32 | 31 | 32 | 32 |

| Tanggal | Day | Actual_Volumetric_Flow_Rate (ACFM) | | | | Pressure_Ratio | | | |
|---------|--------|------------------------------------|---------|----------------|---------|----------------|-------|-------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 4448,76 | 4448,76 | 4409,90 | 4551,95 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 2 | Selasa | 4448,76 | 4448,76 | 4409,90 | 4551,95 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 3 | Rabu | 4448,76 | 4448,76 | 4409,90 | 4551,95 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 4 | Kamis | 4448,76 | 4448,76 | 4409,90 | 4551,95 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 5 | Jumat | 4448,76 | 4448,76 | 4409,90 | 4551,95 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 6 | Sabtu | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 7 | Minggu | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 8 | Senin | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 9 | Selasa | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 10 | Rabu | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 11 | Kamis | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 12 | Jumat | 5045,59 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 13 | Sabtu | 5035,27 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 14 | Minggu | 5035,27 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 15 | Senin | 5035,27 | 5036,97 | 4875,97 | 4997,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 16 | Selasa | 4720,25 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 17 | Rabu | 4720,25 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 18 | Kamis | 4720,25 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 19 | Jumat | 0,00 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 20 | Sabtu | 0,00 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 21 | Minggu | 0,00 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 22 | Senin | 0,00 | 4621,13 | 4619,68 | 4794,98 | 0,00 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 23 | Selasa | 4770,36 | 4634,06 | 4571,44 | 4705,92 | 1,35 | 1,34 | 1,34 | 1,35 |
| 24 | Rabu | 4701,22 | 4988,05 | 4931,47 | 5002,33 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 25 | Kamis | 4701,22 | 4988,05 | 4931,47 | 5002,33 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 26 | Jumat | 4701,22 | 4988,05 | 4931,47 | 5002,33 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 27 | Sabtu | 4701,22 | 4988,05 | 4931,47 | 5002,33 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 28 | Minggu | 4701,22 | 4988,05 | 4931,47 | 5002,33 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |

| Tanggal | Hari | Density (ρ) | | | | Mass_Flow (Lb/s) | | | |
|---------|--------|--------------------|-------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 2 | Selasa | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 3 | Rabu | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 4 | Kamis | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 5 | Jumat | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 6 | Sabtu | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 7 | Minggu | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 8 | Senin | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 9 | Selasa | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 10 | Rabu | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 11 | Kamis | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 12 | Jumat | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 13 | Sabtu | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 14 | Minggu | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 15 | Senin | 0,21 | 0,22 | 0,24 | 0,23 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 16 | Selasa | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 17 | Rabu | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 18 | Kamis | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 19 | Jumat | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 20 | Sabtu | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 21 | Minggu | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 22 | Senin | 0,00 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 23 | Selasa | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 24 | Rabu | 0,24 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 25 | Kamis | 0,24 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 26 | Jumat | 0,24 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 27 | Sabtu | 0,24 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 28 | Minggu | 0,24 | 0,22 | 0,23 | 0,23 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |

| Tanggal | Hari | Aerodynamic Power (HP) | | | | Power Required (HP) | | | |
|---------|--------|------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|----------------|---------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 2867,65 | 2821,37 | 2803,91 | 2920,78 | 2926,17 | 2878,95 | 2861,14 | 2980,39 |
| 2 | Selasa | 2833,17 | 2821,37 | 2803,91 | 2920,78 | 2890,99 | 2878,95 | 2861,14 | 2980,39 |
| 3 | Rabu | 2833,17 | 2821,37 | 2803,91 | 2920,78 | 2890,99 | 2878,95 | 2861,14 | 2980,39 |
| 4 | Kamis | 2833,17 | 2821,37 | 2803,91 | 2920,78 | 2890,99 | 2878,95 | 2861,14 | 2980,39 |
| 5 | Jumat | 2833,17 | 2821,37 | 2803,91 | 2920,78 | 2890,99 | 2878,95 | 2861,14 | 2980,39 |
| 6 | Sabtu | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 7 | Minggu | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 8 | Senin | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 9 | Selasa | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 10 | Rabu | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 11 | Kamis | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 12 | Jumat | 3147,36 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3211,59 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 13 | Sabtu | 3140,92 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3205,02 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 14 | Minggu | 3140,92 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3205,02 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 15 | Senin | 3140,92 | 3094,80 | 3157,05 | 3401,94 | 3205,02 | 3157,95 | 3221,48 | 3471,37 |
| 16 | Selasa | 3105,61 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 3168,99 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 17 | Rabu | 3105,61 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 3168,99 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 18 | Kamis | 3105,61 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 3168,99 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 19 | Jumat | 0,00 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 0,00 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 20 | Sabtu | 0,00 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 0,00 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 21 | Minggu | 0,00 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 0,00 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 22 | Senin | 0,00 | 2984,82 | 3007,74 | 3158,26 | 0,00 | 3045,73 | 3069,12 | 3222,72 |
| 23 | Selasa | 3203,11 | 3135,06 | 3053,95 | 3179,12 | 3268,48 | 3199,04 | 3116,27 | 3244,00 |
| 24 | Rabu | 3164,17 | 3293,61 | 3276,06 | 3371,74 | 3228,75 | 3360,83 | 3342,92 | 3440,55 |
| 25 | Kamis | 3164,17 | 3293,61 | 3276,06 | 3371,74 | 3228,75 | 3360,83 | 3342,92 | 3440,55 |
| 26 | Jumat | 3164,17 | 3293,61 | 3276,06 | 3371,74 | 3228,75 | 3360,83 | 3342,92 | 3440,55 |
| 27 | Sabtu | 3164,17 | 3293,61 | 3276,06 | 3371,74 | 3228,75 | 3360,83 | 3342,92 | 3440,55 |
| 28 | Minggu | 3164,17 | 3293,61 | 3276,06 | 3371,74 | 3228,75 | 3360,83 | 3342,92 | 3440,55 |

Februari C3065

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Press (PSIA) | | | | Comp_Disch_Press (PSIA) | | | |
|---------|--------|------------------------|-------|------------|-------|-------------------------|-------|------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 207 | 207 | 209 | 207 | 633 | 632 | 637 | 633 |
| 2 | Selasa | 207 | 207 | 209 | 207 | 633 | 632 | 637 | 633 |
| 3 | Rabu | 207 | 207 | 209 | 207 | 633 | 632 | 637 | 633 |
| 4 | Kamis | 207 | 207 | 209 | 207 | 633 | 632 | 637 | 633 |
| 5 | Jumat | 207 | 207 | 209 | 207 | 633 | 632 | 637 | 633 |
| 6 | Sabtu | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 7 | Minggu | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 8 | Senin | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 9 | Selasa | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 10 | Rabu | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 11 | Kamis | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 12 | Jumat | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 13 | Sabtu | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 14 | Minggu | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 15 | Senin | 200 | 217 | 217 | 216 | 633 | 640 | 640 | 632 |
| 16 | Selasa | 213 | 212 | 214 | 213 | 637 | 632 | 636 | 637 |
| 17 | Rabu | 213 | 212 | 214 | 213 | 637 | 632 | 636 | 637 |
| 18 | Kamis | 213 | 212 | 214 | 213 | 637 | 632 | 636 | 637 |
| 19 | Jumat | | 212 | 214 | 213 | | 632 | 636 | 637 |
| 20 | Sabtu | | 212 | 214 | 213 | | 632 | 636 | 637 |
| 21 | Minggu | | 212 | 214 | 213 | | 632 | 636 | 637 |
| 22 | Senin | | 217 | 217 | 217 | | 637 | 636 | 634 |
| 23 | Selasa | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 24 | Rabu | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 25 | Kamis | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 26 | Jumat | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 27 | Sabtu | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 28 | Minggu | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Temp (Fahrenheit) | | | | Comp_Disch_Temp (Fahrenheit) | | | |
|---------|--------|-----------------------------|-------|------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 110 | 107 | 110 | 109 | 274 | 270 | 273 | 263 |
| 2 | Selasa | 110 | 107 | 110 | 109 | 274 | 270 | 273 | 263 |
| 3 | Rabu | 110 | 107 | 110 | 109 | 274 | 270 | 273 | 263 |
| 4 | Kamis | 110 | 107 | 110 | 109 | 274 | 270 | 273 | 263 |
| 5 | Jumat | 110 | 107 | 110 | 109 | 274 | 270 | 273 | 263 |
| 6 | Sabtu | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 7 | Minggu | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 8 | Senin | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 9 | Selasa | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 10 | Rabu | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 11 | Kamis | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 12 | Jumat | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 13 | Sabtu | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 14 | Minggu | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 15 | Senin | 110 | 115 | 115 | 112 | 264 | 265 | 265 | 264 |
| 16 | Selasa | 111 | 115 | 116 | 113 | 268 | 271 | 272 | 268 |
| 17 | Rabu | 111 | 115 | 116 | 113 | 268 | 271 | 272 | 268 |
| 18 | Kamis | 111 | 115 | 116 | 113 | 268 | 271 | 272 | 268 |
| 19 | Jumat | | 115 | 116 | 113 | | 271 | 272 | 268 |
| 20 | Sabtu | | 115 | 116 | 113 | | 271 | 272 | 268 |
| 21 | Minggu | | 115 | 116 | 113 | | 271 | 272 | 268 |
| 22 | Senin | | 112 | 115 | 115 | | 263 | 267 | 266 |
| 23 | Selasa | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 24 | Rabu | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 25 | Kamis | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 26 | Jumat | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 27 | Sabtu | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 28 | Minggu | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |

| Tanggal | Hari | Suction_Compressibility_Factor (Z1) | | | | RPM_Actual | | | |
|---------|--------|-------------------------------------|--------|--------------|--------|------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,955 | 0,9535 | 0,955 | 0,9545 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 2 | Selasa | 0,955 | 0,9535 | 0,955 | 0,9545 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 3 | Rabu | 0,955 | 0,9535 | 0,955 | 0,9545 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 4 | Kamis | 0,955 | 0,9535 | 0,955 | 0,9545 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 5 | Jumat | 0,955 | 0,9535 | 0,955 | 0,9545 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 6 | Sabtu | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 7 | Minggu | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 8 | Senin | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 9 | Selasa | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 10 | Rabu | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 11 | Kamis | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 12 | Jumat | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 13 | Sabtu | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 14 | Minggu | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 15 | Senin | 0,955 | 0,956 | 0,956 | 0,9548 | 14085 | 14085 | 13972 | 14203 |
| 16 | Selasa | 0,9544 | 0,956 | 0,958 | 0,9552 | 14053 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 17 | Rabu | 0,9544 | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | 14053 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 18 | Kamis | 0,9544 | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | 14053 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 19 | Jumat | | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | | 13967 | 13985 | 14044 |
| 20 | Sabtu | | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | | 13967 | 13985 | 14044 |
| 21 | Minggu | | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | | 13967 | 13985 | 14044 |
| 22 | Senin | | 0,9548 | 0,956 | 0,956 | | 13572 | 13790 | 13572 |
| 23 | Selasa | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 24 | Rabu | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 25 | Kamis | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 26 | Jumat | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 27 | Sabtu | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 28 | Minggu | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |

| Tanggal | Day | Isentropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | | Polytropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | |
|---------|--------|------------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------------|----------|-----------------|----------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 54697,39 | 54237,51 | 54515,01 | 54572,79 | 67571,39 | 67511,24 | 67265,80 | 66244,71 |
| 2 | Selasa | 54697,39 | 54237,51 | 54515,01 | 54572,79 | 67571,39 | 67511,24 | 67265,80 | 66244,71 |
| 3 | Rabu | 54697,39 | 54237,51 | 54515,01 | 54572,79 | 67571,39 | 67511,24 | 67265,80 | 66244,71 |
| 4 | Kamis | 54697,39 | 54237,51 | 54515,01 | 54572,79 | 67571,39 | 67511,24 | 67265,80 | 66244,71 |
| 5 | Jumat | 54697,39 | 54237,51 | 54515,01 | 54572,79 | 67571,39 | 67511,24 | 67265,80 | 66244,71 |
| 6 | Sabtu | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 7 | Minggu | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 8 | Senin | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 9 | Selasa | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 10 | Rabu | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 11 | Kamis | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 12 | Jumat | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 13 | Sabtu | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 14 | Minggu | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 15 | Senin | 56597,00 | 53232,91 | 53232,91 | 52452,93 | 67917,53 | 63576,87 | 63576,87 | 63552,86 |
| 16 | Selasa | 53535,08 | 53825,24 | 53860,89 | 53767,74 | 65369,37 | 64904,35 | 64819,97 | 65012,25 |
| 17 | Rabu | 53535,08 | 53825,24 | 53770,94 | 53767,74 | 65369,37 | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 18 | Kamis | 53535,08 | 53825,24 | 53770,94 | 53767,74 | 65369,37 | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 19 | Jumat | | 53825,24 | 53770,94 | 53767,74 | | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 20 | Sabtu | | 53825,24 | 53770,94 | 53767,74 | | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 21 | Minggu | | 53825,24 | 53770,94 | 53767,74 | | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 22 | Senin | | 52631,32 | 52887,50 | 52714,16 | | 63584,89 | 63523,36 | 63234,59 |
| 23 | Selasa | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 24 | Rabu | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 25 | Kamis | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 26 | Jumat | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 27 | Sabtu | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 28 | Minggu | 53365,82 | 54784,91 | 54087,05 | 53397,78 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |

| Tanggal | Day | Efficiency (η) | | | | Standard_Volume_Flow (mmscfd) | | | |
|---------|--------|-----------------------|-------|--------------|-------|-------------------------------|-------|-----------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 80,95 | 80,34 | 81,04 | 82,38 | 34 | 34 | 33 | 34 |
| 2 | Selasa | 80,95 | 80,34 | 81,04 | 82,38 | 34 | 34 | 33 | 34 |
| 3 | Rabu | 80,95 | 80,34 | 81,04 | 82,38 | 34 | 34 | 33 | 34 |
| 4 | Kamis | 80,95 | 80,34 | 81,04 | 82,38 | 34 | 34 | 33 | 34 |
| 5 | Jumat | 80,95 | 80,34 | 81,04 | 82,38 | 34 | 34 | 33 | 34 |
| 6 | Sabtu | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 7 | Minggu | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 8 | Senin | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 9 | Selasa | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 10 | Rabu | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 11 | Kamis | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 12 | Jumat | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 13 | Sabtu | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 14 | Minggu | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 15 | Senin | 83,33 | 83,73 | 83,73 | 82,53 | 31,2 | 37 | 37 | 38 |
| 16 | Selasa | 81,90 | 82,93 | 83,09 | 82,70 | 33 | 33 | 33 | 34 |
| 17 | Rabu | 81,90 | 82,93 | 83,09 | 82,70 | 33 | 33 | 33 | 34 |
| 18 | Kamis | 81,90 | 82,93 | 83,09 | 82,70 | 33 | 33 | 33 | 34 |
| 19 | Jumat | | 82,93 | 83,09 | 82,70 | | 33 | 33 | 34 |
| 20 | Sabtu | | 82,93 | 83,09 | 82,70 | | 33 | 33 | 34 |
| 21 | Minggu | | 82,93 | 83,09 | 82,70 | | 33 | 33 | 34 |
| 22 | Senin | | 82,77 | 83,26 | 83,36 | | 36 | 35 | 36 |
| 23 | Selasa | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 24 | Rabu | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 25 | Kamis | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 26 | Jumat | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 27 | Sabtu | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 28 | Minggu | 83,08 | 83,42 | 83,37 | 83,11 | 36 | 35 | 33 | 36 |

| Tanggal | Day | Density (ρ) | | | | Mass_Flow (Lb/s) | | | |
|---------|--------|--------------------|-------|-------------|-------|------------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 2 | Selasa | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 3 | Rabu | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 4 | Kamis | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 5 | Jumat | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 0,69 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 6 | Sabtu | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 7 | Minggu | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 8 | Senin | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 9 | Selasa | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 10 | Rabu | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 11 | Kamis | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 12 | Jumat | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 13 | Sabtu | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 14 | Minggu | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 15 | Senin | 0,66 | 0,71 | 0,71 | 0,72 | 17,93 | 18,34 | 19,53 | 19,53 |
| 16 | Selasa | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 17 | Rabu | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 18 | Kamis | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 19,53 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 19 | Jumat | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 20 | Sabtu | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 21 | Minggu | 0,00 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 22 | Senin | 0,00 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,00 | 19,53 | 19,53 | 19,53 |
| 23 | Selasa | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 24 | Rabu | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 25 | Kamis | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 26 | Jumat | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 27 | Sabtu | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |
| 28 | Minggu | 0,71 | 0,69 | 0,70 | 0,71 | 18,93 | 18,34 | 18,93 | 18,93 |

| Tanggal | Day | Actual_Volumetric_Flow_Rate (ACFM) | | | | Press_Ratio (Pr) | | | |
|---------|--------|------------------------------------|---------|----------------|---------|------------------|-------|-------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 1754,19 | 1742,22 | 1686,31 | 1750,20 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 2 | Selasa | 1754,19 | 1742,22 | 1686,31 | 1750,20 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 3 | Rabu | 1754,19 | 1742,22 | 1686,31 | 1750,20 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 4 | Kamis | 1754,19 | 1742,22 | 1686,31 | 1750,20 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 5 | Jumat | 1754,19 | 1742,22 | 1686,31 | 1750,20 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 6 | Sabtu | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 7 | Minggu | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 8 | Senin | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 9 | Selasa | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 10 | Rabu | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 11 | Kamis | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 12 | Jumat | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 13 | Sabtu | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 14 | Minggu | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 15 | Senin | 1666,07 | 1838,91 | 1838,91 | 1885,08 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 16 | Selasa | 1656,50 | 1678,79 | 1669,48 | 1714,12 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 17 | Rabu | 1656,50 | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 18 | Kamis | 1656,50 | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 19 | Jumat | | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 20 | Sabtu | | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 21 | Minggu | | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 22 | Senin | | 1777,64 | 1739,51 | 1789,21 | | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 23 | Selasa | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 24 | Rabu | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 25 | Kamis | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 26 | Jumat | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 27 | Sabtu | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 28 | Minggu | 1810,38 | 1800,31 | 1678,79 | 1805,86 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |

| Tanggal | Day | Aerodynamic_Power (HP) | | | | Power_Required (HP) | | | |
|---------|--------|------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|----------------|---------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 2476,49 | 2474,28 | 2392,78 | 2427,87 | 2527,03 | 2524,78 | 2441,61 | 2477,41 |
| 2 | Selasa | 2476,49 | 2474,28 | 2392,78 | 2427,87 | 2527,03 | 2524,78 | 2441,61 | 2477,41 |
| 3 | Rabu | 2476,49 | 2474,28 | 2392,78 | 2427,87 | 2527,03 | 2524,78 | 2441,61 | 2477,41 |
| 4 | Kamis | 2476,49 | 2474,28 | 2392,78 | 2427,87 | 2527,03 | 2524,78 | 2441,61 | 2477,41 |
| 5 | Jumat | 2476,49 | 2474,28 | 2392,78 | 2427,87 | 2527,03 | 2524,78 | 2441,61 | 2477,41 |
| 6 | Sabtu | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 7 | Minggu | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 8 | Senin | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 9 | Selasa | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 10 | Rabu | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 11 | Kamis | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 12 | Jumat | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 13 | Sabtu | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 14 | Minggu | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 15 | Senin | 2284,18 | 2535,69 | 2535,69 | 2603,24 | 2330,80 | 2587,44 | 2587,44 | 2656,36 |
| 16 | Selasa | 2325,32 | 2308,78 | 2305,78 | 2382,70 | 2372,78 | 2355,90 | 2352,83 | 2431,32 |
| 17 | Rabu | 2325,32 | 2308,78 | 2301,93 | 2382,70 | 2372,78 | 2355,90 | 2348,90 | 2431,32 |
| 18 | Kamis | 2325,32 | 2308,78 | 2301,93 | 2382,70 | 2372,78 | 2355,90 | 2348,90 | 2431,32 |
| 19 | Jumat | | 2308,78 | 2301,93 | 2382,70 | | 2355,90 | 2348,90 | 2431,32 |
| 20 | Sabtu | | 2308,78 | 2301,93 | 2382,70 | | 2355,90 | 2348,90 | 2431,32 |
| 21 | Minggu | | 2308,78 | 2301,93 | 2382,70 | | 2355,90 | 2348,90 | 2431,32 |
| 22 | Senin | | 2467,47 | 2396,60 | 2453,87 | | 2517,82 | 2445,51 | 2503,95 |
| 23 | Selasa | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |
| 24 | Rabu | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |
| 25 | Kamis | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |
| 26 | Jumat | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |
| 27 | Sabtu | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |
| 28 | Minggu | 2492,63 | 2477,59 | 2307,90 | 2493,33 | 2543,50 | 2528,16 | 2355,00 | 2544,21 |

Maret C5054

| Tanggal | Hari | Aerodynamic_Power (HP) | | | | Power_Required (HP) | | | |
|---------|--------|------------------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 71 | 69 | 79 | 69 | 212 | 201 | 197 | 221 |
| 2 | Selasa | 71 | 69 | 79 | 69 | 212 | 201 | 197 | 221 |
| 3 | Rabu | 71 | 69 | 79 | 69 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 4 | Kamis | 71 | 69 | 79 | 69 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 5 | Jumat | 71 | 69 | 79 | 69 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 6 | Sabtu | 71 | 69 | 79 | 69 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 7 | Minggu | 71 | 69 | 79 | 69 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 8 | Senin | 71 | 69 | 79 | 69 | 212 | 201 | 197 | 221 |
| 9 | Selasa | 71 | 69 | 79 | 69 | 212 | 201 | 197 | 221 |
| 10 | Rabu | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 11 | Kamis | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 12 | Jumat | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 13 | Sabtu | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 14 | Minggu | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 15 | Senin | 67 | 67 | 69 | 67 | 222 | 224 | 222 | 221 |
| 16 | Selasa | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 17 | Rabu | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 18 | Kamis | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 19 | Jumat | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 20 | Sabtu | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 21 | Minggu | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 22 | Senin | 70 | 69 | 73 | 65 | 224 | 222 | 227 | 225 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 66 | 68 | 69 | 66 | 219 | 217 | 217 | 219 |
| 25 | Kamis | 66 | 68 | 69 | 66 | 219 | 217 | 217 | 219 |
| 26 | Jumat | 66 | 67 | 70 | 70 | 219 | 221 | 222 | 222 |
| 27 | Sabtu | 66 | 67 | 70 | 70 | 219 | 221 | 222 | 222 |
| 28 | Minggu | 68 | | | | 219 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 65 | 62 | 66 | | 213 | 215 | 212 |
| 31 | Rabu | 70 | 67 | 70 | 68 | 212 | 222 | 229 | 229 |

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Temp (Farenheit) | | | | Comp_Disch_Temp (Farenheit) | | | |
|---------|--------|----------------------------|-------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 85 | 89 | 89 | 87 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 2 | Selasa | 85 | 89 | 89 | 87 | 270 | 271 | 272 | 268 |
| 3 | Rabu | 85 | 89 | 89 | 87 | 270 | 271 | 272 | 268 |
| 4 | Kamis | 85 | 89 | 89 | 87 | 270 | 271 | 272 | 268 |
| 5 | Jumat | 85 | 89 | 89 | 87 | 269 | 269 | 268 | 267 |
| 6 | Sabtu | 85 | 89 | 89 | 87 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 7 | Minggu | 85 | 89 | 89 | 87 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 8 | Senin | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 9 | Selasa | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 10 | Rabu | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 11 | Kamis | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 12 | Jumat | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 13 | Sabtu | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 14 | Minggu | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 15 | Senin | 85 | 89 | 89 | 87 | 275 | 280 | 284 | 317 |
| 16 | Selasa | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 17 | Rabu | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 18 | Kamis | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 19 | Jumat | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 20 | Sabtu | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 21 | Minggu | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 22 | Senin | 85 | 88 | 89 | 85 | 315 | 318 | 313 | 274 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 84 | 86 | 87 | 84 | 315 | 318 | 313 | 308 |
| 25 | Kamis | 84 | 86 | 87 | 84 | 315 | 318 | 313 | 308 |
| 26 | Jumat | 84 | 84 | 86 | 86 | 309 | 308 | 305 | 304 |
| 27 | Sabtu | 84 | 84 | 86 | 86 | 309 | 308 | 305 | 304 |
| 28 | Minggu | 84 | | | | 308 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 86 | 84 | 84 | | 253 | 246 | 247,7 |
| 31 | Rabu | 86 | 86 | 86 | 85 | 240 | 252 | 254 | 255 |

| Tanggal | Hari | Suction_Compressibility_Factor (Z1) | | | | RPM_Actual | | | |
|---------|--------|-------------------------------------|--------|--------------|--------|------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,957 | 0,9575 | 0,9575 | 0,9575 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 2 | Selasa | 0,956 | 0,9575 | 0,958 | 0,9565 | 14203 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 3 | Rabu | 0,956 | 0,9575 | 0,958 | 0,9565 | 14203 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 4 | Kamis | 0,956 | 0,9575 | 0,958 | 0,9565 | 14203 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 5 | Jumat | 0,957 | 0,957 | 0,957 | 0,9565 | 13849 | 13804 | 13781 | 13808 |
| 6 | Sabtu | 0,9534 | 0,9537 | 0,9525 | 0,957 | 14185 | 14262 | 14208 | 14072 |
| 7 | Minggu | 0,9534 | 0,9537 | 0,9525 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 8 | Senin | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 9 | Selasa | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 10 | Rabu | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 11 | Kamis | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 12 | Jumat | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 13 | Sabtu | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 14 | Minggu | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 15 | Senin | 0,9535 | 0,9555 | 0,9545 | 0,9545 | 12641 | 13009 | 12114 | 13118 |
| 16 | Selasa | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 17 | Rabu | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 18 | Kamis | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 19 | Jumat | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 20 | Sabtu | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 21 | Minggu | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 22 | Senin | 0,9535 | 0,955 | 0,955 | 0,955 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 0,953 | 0,954 | 0,953 | 0,953 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 25 | Kamis | 0,953 | 0,954 | 0,953 | 0,953 | 13095 | 13195 | 12900 | 13349 |
| 26 | Jumat | 0,953 | 0,953 | 0,954 | 0,954 | 13068 | 13060 | 12863 | 12868 |
| 27 | Sabtu | 0,953 | 0,953 | 0,954 | 0,954 | 13068 | 13060 | 12863 | 12868 |
| 28 | Minggu | 0,953 | | | | 13063 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 0,9556 | 0,9544 | 0,953 | | 12900 | 12695 | 12718 |
| 31 | Rabu | 0,954 | 0,954 | 0,954 | 0,9535 | 12409 | 12854 | 12895 | 13045 |

| Tanggal | Hari | Isentropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | | Polytropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | |
|---------|--------|------------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------------|-----------|-----------------|-----------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 51295,88 | 50390,11 | 42312,32 | 55254,04 | 84934,65 | 81962,92 | 69893,65 | 89914,86 |
| 2 | Selasa | 51242,28 | 50390,11 | 42334,41 | 55196,34 | 85410,69 | 82142,12 | 70389,85 | 89623,14 |
| 3 | Rabu | 53682,23 | 56184,87 | 48521,76 | 55196,34 | 89009,42 | 90465,53 | 79593,32 | 89623,14 |
| 4 | Kamis | 53682,23 | 56184,87 | 48521,76 | 55196,34 | 89009,42 | 90465,53 | 79593,32 | 89623,14 |
| 5 | Jumat | 53738,39 | 56155,53 | 48471,11 | 55196,34 | 88906,33 | 90023,56 | 78817,54 | 89425,12 |
| 6 | Sabtu | 53536,24 | 55961,89 | 48243,19 | 55225,19 | 90130,10 | 90695,05 | 78274,12 | 91051,21 |
| 7 | Minggu | 53536,24 | 55961,89 | 48243,19 | 55282,90 | 90130,10 | 90695,05 | 78274,12 | 91146,35 |
| 8 | Senin | 51108,27 | 50284,86 | 42179,75 | 55080,92 | 86122,41 | 83571,94 | 71951,04 | 98888,76 |
| 9 | Selasa | 51108,27 | 50284,86 | 42179,75 | 55080,92 | 86122,41 | 83571,94 | 71951,04 | 98888,76 |
| 10 | Rabu | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 11 | Kamis | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 12 | Jumat | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 13 | Sabtu | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 14 | Minggu | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 15 | Senin | 56638,60 | 57661,26 | 55525,42 | 56662,53 | 94316,42 | 94339,31 | 92015,71 | 101387,52 |
| 16 | Selasa | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 17 | Rabu | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 18 | Kamis | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 19 | Jumat | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 20 | Sabtu | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 21 | Minggu | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 22 | Senin | 54773,62 | 55453,25 | 53725,24 | 59092,80 | 99360,43 | 99009,19 | 94733,16 | 97700,72 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 56581,77 | 54755,39 | 54018,87 | 56581,77 | 102953,13 | 99225,20 | 96441,12 | 101560,09 |
| 25 | Kamis | 56581,77 | 54755,39 | 54018,87 | 56581,77 | 102953,13 | 99225,20 | 96441,12 | 101560,09 |
| 26 | Jumat | 56581,77 | 56263,02 | 54423,95 | 54423,95 | 101759,61 | 101056,54 | 96235,78 | 96045,50 |
| 27 | Sabtu | 56581,77 | 56263,02 | 54423,95 | 54423,95 | 101759,61 | 101056,54 | 96235,78 | 96045,50 |
| 28 | Minggu | 54985,87 | | | | 99032,30 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 56270,40 | 59044,33 | 54845,64 | | 88687,28 | 92213,78 | 86759,23 |
| 31 | Rabu | 51977,05 | 56772,34 | 56086,02 | 57512,38 | 80142,89 | 89157,42 | 88619,06 | 91410,20 |

| Tanggal | Hari | Efficiency (η) | | | | Standard_Volume_Flow (mmscfd) | | | |
|---------|--------|-----------------------|-------|--------------|-------|-------------------------------|-------|-----------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 60,39 | 61,48 | 60,54 | 61,45 | 36 | 35 | 33 | 36 |
| 2 | Selasa | 60,00 | 61,35 | 60,14 | 61,59 | 35 | 33 | 33 | 34 |
| 3 | Rabu | 60,31 | 62,11 | 60,96 | 61,59 | 35 | 33 | 33 | 34 |
| 4 | Kamis | 60,31 | 62,11 | 60,96 | 61,59 | 35 | 33 | 33 | 34 |
| 5 | Jumat | 60,44 | 62,38 | 61,50 | 61,72 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 6 | Sabtu | 59,40 | 61,70 | 61,63 | 60,65 | 30 | 27 | 26 | 33 |
| 7 | Minggu | 59,40 | 61,70 | 61,63 | 60,65 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 8 | Senin | 59,34 | 60,17 | 58,62 | 55,70 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 9 | Selasa | 59,34 | 60,17 | 58,62 | 55,70 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 10 | Rabu | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 11 | Kamis | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 12 | Jumat | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 13 | Sabtu | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 14 | Minggu | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 15 | Senin | 60,05 | 61,12 | 60,34 | 55,89 | 31 | 31 | 32 | 33 |
| 16 | Selasa | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 17 | Rabu | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 18 | Kamis | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 19 | Jumat | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 20 | Sabtu | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 21 | Minggu | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 22 | Senin | 55,13 | 56,01 | 56,71 | 60,48 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 54,96 | 55,18 | 56,01 | 55,71 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 25 | Kamis | 54,96 | 55,18 | 56,01 | 55,71 | 33 | 32 | 34 | 32 |
| 26 | Jumat | 55,60 | 55,67 | 56,55 | 56,66 | 32,4 | 32 | 33 | 33,6 |
| 27 | Sabtu | 55,60 | 55,67 | 56,55 | 56,66 | 32,4 | 32 | 33 | 33,6 |
| 28 | Minggu | 55,52 | | | | 32,6 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 63,45 | 64,03 | 63,22 | | 31 | 31 | 31,3 |
| 31 | Rabu | 64,86 | 63,68 | 63,29 | 62,92 | 31,4 | 32 | 33 | 32 |

| Tanggal | Hari | Actual_Volumetric_Flow_Rate (ACFM) | | | | Press_Ratio (Pr) | | | |
|---------|--------|------------------------------------|---------|----------------|---------|------------------|-------|-------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 5188,38 | 5231,32 | 4308,04 | 5361,17 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 2 | Selasa | 5038,99 | 4932,39 | 4310,29 | 5058,04 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 3 | Rabu | 5038,99 | 4932,39 | 4310,29 | 5058,04 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 4 | Kamis | 5038,99 | 4932,39 | 4310,29 | 5058,04 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 5 | Jumat | 4611,90 | 4780,42 | 4175,31 | 4760,51 | 1,32 | 1,31 | 1,31 | 1,32 |
| 6 | Sabtu | 4307,39 | 4019,57 | 3376,49 | 4911,84 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 7 | Minggu | 4307,39 | 4019,57 | 3376,49 | 5065,97 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 8 | Senin | 4451,43 | 4623,78 | 4164,40 | 4899,01 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 9 | Selasa | 4451,43 | 4623,78 | 4164,40 | 4899,01 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 10 | Rabu | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 11 | Kamis | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 12 | Jumat | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 13 | Sabtu | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 14 | Minggu | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 15 | Senin | 4717,19 | 4761,80 | 4767,94 | 5045,25 | 1,36 | 1,35 | 1,33 | 1,36 |
| 16 | Selasa | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 17 | Rabu | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 18 | Kamis | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 19 | Jumat | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 20 | Sabtu | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 21 | Minggu | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 22 | Senin | 4806,32 | 4761,74 | 4790,86 | 5027,08 | 1,33 | 1,32 | 1,32 | 1,34 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 5085,58 | 4809,08 | 5039,53 | 4931,47 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 25 | Kamis | 5085,58 | 4809,08 | 5039,53 | 4931,47 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 26 | Jumat | 4993,12 | 4857,87 | 4817,67 | 4905,26 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 27 | Sabtu | 4993,12 | 4857,87 | 4817,67 | 4905,26 | 1,35 | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 28 | Minggu | 4876,18 | | | | 1,35 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 4881,99 | 5093,05 | 4823,60 | | 1,37 | 1,36 | 1,36 |
| 31 | Rabu | 4584,08 | 4880,86 | 4817,67 | 4797,75 | 1,35 | 1,34 | 1,33 | 1,35 |

| Tanggal | Hari | Density (ρ) | | | | Mass_Flow (Lb/s) | | | |
|---------|--------|--------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,2463292 | 0,237521 | 0,2719443 | 0,2383899 | 21,30 | 20,71 | 19,53 | 21,30 |
| 2 | Selasa | 0,2465868 | 0,237521 | 0,2718024 | 0,2386392 | 20,71 | 19,53 | 19,53 | 20,12 |
| 3 | Rabu | 0,2465868 | 0,237521 | 0,2718024 | 0,2386392 | 20,71 | 19,53 | 19,53 | 20,12 |
| 4 | Kamis | 0,2465868 | 0,237521 | 0,2718024 | 0,2386392 | 20,71 | 19,53 | 19,53 | 20,12 |
| 5 | Jumat | 0,2463292 | 0,2376451 | 0,2720864 | 0,2386392 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 6 | Sabtu | 0,2472593 | 0,2384674 | 0,2733718 | 0,2385145 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 19,53 |
| 7 | Minggu | 0,2472593 | 0,2384674 | 0,2733718 | 0,2382655 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 8 | Senin | 0,2472334 | 0,2380181 | 0,272799 | 0,2391392 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 9 | Selasa | 0,2472334 | 0,2380181 | 0,272799 | 0,2391392 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 10 | Rabu | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 11 | Kamis | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 12 | Jumat | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 13 | Sabtu | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 14 | Minggu | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 15 | Senin | 0,2333047 | 0,2311191 | 0,2382675 | 0,2322076 | 18,34 | 18,34 | 18,93 | 19,53 |
| 16 | Selasa | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 17 | Rabu | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 18 | Kamis | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 19 | Jumat | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 20 | Sabtu | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 21 | Minggu | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 22 | Senin | 0,2437512 | 0,2385776 | 0,2519481 | 0,2259849 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 0,2303661 | 0,2362291 | 0,2395156 | 0,2303661 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 25 | Kamis | 0,2303661 | 0,2362291 | 0,2395156 | 0,2303661 | 19,53 | 18,93 | 20,12 | 18,93 |
| 26 | Jumat | 0,2303661 | 0,2338565 | 0,243177 | 0,243177 | 19,17 | 18,93 | 19,53 | 19,88 |
| 27 | Sabtu | 0,2303661 | 0,2338565 | 0,243177 | 0,243177 | 19,17 | 18,93 | 19,53 | 19,88 |
| 28 | Minggu | 0,2373469 | | | | 19,29 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 0,2254291 | 0,2160871 | 0,2303661 | | 18,34 | 18,34 | 18,52 |
| 31 | Rabu | 0,243177 | 0,2327551 | 0,243177 | 0,2367869 | 18,58 | 18,93 | 19,53 | 18,93 |

| Tanggal | Hari | Aerodynamic_Power (HP) | | | | Power_Required (HP) | | | |
|---------|--------|------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|----------------|---------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 3289,42 | 3086,15 | 2481,32 | 3482,29 | 3356,55 | 3149,13 | 2531,96 | 3553,36 |
| 2 | Selasa | 3215,97 | 2916,16 | 2498,94 | 3278,16 | 3281,60 | 2975,67 | 2549,94 | 3345,06 |
| 3 | Rabu | 3351,47 | 3211,65 | 2825,67 | 3278,16 | 3419,87 | 3277,20 | 2883,34 | 3345,06 |
| 4 | Kamis | 3351,47 | 3211,65 | 2825,67 | 3278,16 | 3419,87 | 3277,20 | 2883,34 | 3345,06 |
| 5 | Jumat | 3060,65 | 3099,11 | 2713,34 | 3078,51 | 3123,11 | 3162,36 | 2768,71 | 3141,34 |
| 6 | Sabtu | 2908,86 | 2634,38 | 2189,39 | 3232,44 | 2968,22 | 2688,14 | 2234,07 | 3298,41 |
| 7 | Minggu | 2908,86 | 2634,38 | 2189,39 | 3333,88 | 2968,22 | 2688,14 | 2234,07 | 3401,92 |
| 8 | Senin | 2872,16 | 2787,11 | 2476,96 | 3510,69 | 2930,78 | 2843,99 | 2527,51 | 3582,33 |
| 9 | Selasa | 2872,16 | 2787,11 | 2476,96 | 3510,69 | 2930,78 | 2843,99 | 2527,51 | 3582,33 |
| 10 | Rabu | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 11 | Kamis | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 12 | Jumat | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 13 | Sabtu | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 14 | Minggu | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 15 | Senin | 3145,43 | 3146,20 | 3167,69 | 3599,40 | 3209,62 | 3210,40 | 3232,34 | 3672,85 |
| 16 | Selasa | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 17 | Rabu | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 18 | Kamis | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 19 | Jumat | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 20 | Sabtu | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 21 | Minggu | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 22 | Senin | 3527,43 | 3408,45 | 3465,07 | 3363,40 | 3599,42 | 3478,01 | 3535,79 | 3432,05 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 3654,98 | 3415,89 | 3527,54 | 3496,27 | 3729,57 | 3485,60 | 3599,54 | 3567,62 |
| 25 | Kamis | 3654,98 | 3415,89 | 3527,54 | 3496,27 | 3729,57 | 3485,60 | 3599,54 | 3567,62 |
| 26 | Jumat | 3546,92 | 3478,93 | 3416,50 | 3471,74 | 3619,31 | 3549,93 | 3486,23 | 3542,60 |
| 27 | Sabtu | 3546,92 | 3478,93 | 3416,50 | 3471,74 | 3619,31 | 3549,93 | 3486,23 | 3542,60 |
| 28 | Minggu | 3473,17 | | | | 3544,05 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 2957,70 | 3075,31 | 2921,40 | | 3018,06 | 3138,07 | 2981,02 |
| 31 | Rabu | 2707,24 | 3069,30 | 3146,10 | 3146,85 | 2762,48 | 3131,94 | 3210,31 | 3211,07 |

Maret C3065

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Press (PSIA) | | | | Comp_Disch_Press (PSIA) | | | |
|---------|--------|------------------------|-------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 214 | 210 | 212 | 215 | 634 | 636 | 635 | 636 |
| 2 | Selasa | 210 | 212 | 214 | 213 | 636 | 632 | 636 | 637 |
| 3 | Rabu | 210 | 212 | 214 | 213 | 636 | 632 | 636 | 637 |
| 4 | Kamis | 212 | 213 | 216 | 215 | 633 | 634 | 650 | 637 |
| 5 | Jumat | 212 | 213 | 216 | 215 | 633 | 634 | 650 | 637 |
| 6 | Sabtu | 199 | 188 | 184 | 209 | 635 | 573 | 553 | 636 |
| 7 | Minggu | 199 | 188 | 184 | 211 | 635 | 573 | 553 | 637 |
| 8 | Senin | 199 | 188 | 184 | 211 | 635 | 573 | 553 | 637 |
| 9 | Selasa | 199 | 188 | 184 | 211 | 635 | 573 | 553 | 637 |
| 10 | Rabu | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 11 | Kamis | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 12 | Jumat | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 13 | Sabtu | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 14 | Minggu | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 15 | Senin | 211 | 211 | 211 | 209 | 638 | 637 | 633 | 635 |
| 16 | Selasa | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 17 | Rabu | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 18 | Kamis | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 19 | Jumat | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 20 | Sabtu | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 21 | Minggu | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 22 | Senin | 210 | 208 | 215 | 211 | 634 | 630 | 638 | 635 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 205 | 204 | 203 | 203 | 635 | 633 | 634 | 635 |
| 25 | Kamis | 205 | 204 | 203 | 203 | 635 | 633 | 634 | 635 |
| 26 | Jumat | 204 | 204 | 205 | 205 | 636 | 632 | 635 | 636 |
| 27 | Sabtu | 204 | 204 | 205 | 205 | 636 | 632 | 635 | 636 |
| 28 | Minggu | 204 | | | | 634 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 202 | 205 | 200 | | 561 | 566 | 563 |
| 31 | Rabu | 201 | 210 | 218 | 216 | 556 | 628 | 638 | 638 |

| Tanggal | Hari | Comp_Suct_Temp (Fahrenheit) | | | | Comp_Disch_Temp (Fahrenheit) | | | |
|---------|--------|-----------------------------|-------|------------|-------|------------------------------|-------|------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 114 | 115 | 115 | 115 | 267 | 270 | 269 | 269 |
| 2 | Selasa | 112 | 115 | 116 | 113 | 270 | 271 | 272 | 268 |
| 3 | Rabu | 112 | 115 | 116 | 113 | 270 | 271 | 272 | 268 |
| 4 | Kamis | 114 | 114 | 114 | 113 | 269 | 269 | 268 | 267 |
| 5 | Jumat | 114 | 114 | 114 | 113 | 269 | 269 | 268 | 267 |
| 6 | Sabtu | 108 | 109 | 105 | 114 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 7 | Minggu | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 8 | Senin | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 9 | Selasa | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 10 | Rabu | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 11 | Kamis | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 12 | Jumat | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 13 | Sabtu | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 14 | Minggu | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 15 | Senin | 108 | 109 | 105 | 116 | 277 | 274 | 267 | 275 |
| 16 | Selasa | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 17 | Rabu | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 18 | Kamis | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 19 | Jumat | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 20 | Sabtu | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 21 | Minggu | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 22 | Senin | 113 | 115 | 118 | 113 | 272 | 277 | 275 | 269 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 111 | 105 | 117 | 112 | 270 | 275 | 277 | 272 |
| 25 | Kamis | 111 | 105 | 117 | 112 | 270 | 275 | 277 | 272 |
| 26 | Jumat | 112 | 113 | 114 | 115 | 271 | 270 | 272 | 273 |
| 27 | Sabtu | 112 | 113 | 114 | 115 | 271 | 270 | 272 | 273 |
| 28 | Minggu | 113 | | | | 272 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 112 | 109 | 108 | | 254 | 251 | 250 |
| 31 | Rabu | 110 | 114 | 116 | 114 | 252 | 269 | 269 | 266 |

| Tanggal | Hari | Suction_Compressibility_Factor (Z1) | | | | RPM_Actual | | | |
|---------|--------|-------------------------------------|--------|---------------|--------|------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,9556 | 0,9575 | 0,956 | 0,956 | 14126 | 13572 | 13790 | 13572 |
| 2 | Selasa | 0,956 | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | 14203 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 3 | Rabu | 0,956 | 0,956 | 0,9564 | 0,9552 | 14203 | 13967 | 13985 | 14044 |
| 4 | Kamis | 0,9556 | 0,9556 | 0,9556 | 0,9552 | 13849 | 13804 | 13781 | 13808 |
| 5 | Jumat | 0,9556 | 0,9556 | 0,9556 | 0,9552 | 13849 | 13804 | 13781 | 13808 |
| 6 | Sabtu | 0,954 | 0,9545 | 0,9525 | 0,957 | 14185 | 14262 | 14208 | 14072 |
| 7 | Minggu | 0,954 | 0,9545 | 0,9525 | 0,9564 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 8 | Senin | 0,954 | 0,9545 | 0,9525 | 0,9564 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 9 | Selasa | 0,954 | 0,9545 | 0,9525 | 0,9564 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 10 | Rabu | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 11 | Kamis | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 12 | Jumat | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 13 | Sabtu | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 14 | Minggu | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 15 | Senin | 0,9532 | 0,9536 | 0,952 | 0,958 | 14185 | 14262 | 14208 | 14135 |
| 16 | Selasa | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 17 | Rabu | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 18 | Kamis | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 19 | Jumat | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 20 | Sabtu | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 21 | Minggu | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 22 | Senin | 0,9565 | 0,9575 | 0,9572 | 0,9552 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 0,9555 | 0,9525 | 0,9585 | 0,956 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 25 | Kamis | 0,9555 | 0,9525 | 0,9585 | 0,956 | 14003 | 14090 | 13885 | 13858 |
| 26 | Jumat | 0,956 | 0,9565 | 0,957 | 0,9575 | 14026 | 13999 | 14008 | 13994 |
| 27 | Sabtu | 0,956 | 0,9565 | 0,957 | 0,9575 | 14026 | 13999 | 14008 | 13994 |
| 28 | Minggu | 0,9565 | | | | 14035 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 0,956 | 0,9545 | 0,954 | | 13240 | 13140 | 13218 |
| 31 | Rabu | 0,955 | 0,957 | 0,9564 | 0,9556 | 13140 | 13935 | 13772 | 13867 |

| Tanggal | Hari | Isentropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | | Polytropic_Head (ft-Lbf/Lbm) | | | |
|---------|--------|------------------------------|----------|-----------------|----------|------------------------------|----------|-----------------|----------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 53513,99 | 54940,23 | 54238,79 | 53545,82 | 64233,46 | 65670,07 | 64879,53 | 64251,27 |
| 2 | Selasa | 54567,80 | 53975,58 | 53920,68 | 53918,36 | 66178,09 | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 3 | Rabu | 54567,80 | 53975,58 | 53920,68 | 53918,36 | 66178,09 | 64904,35 | 64711,71 | 65012,25 |
| 4 | Kamis | 53946,76 | 53773,41 | 54380,21 | 53401,58 | 64891,16 | 64733,40 | 65151,37 | 64408,04 |
| 5 | Jumat | 53946,76 | 53773,41 | 54380,21 | 53401,58 | 64891,16 | 64733,40 | 65151,37 | 64408,04 |
| 6 | Sabtu | 56959,12 | 54546,40 | 53284,12 | 55082,03 | 70547,34 | 67589,06 | 66682,56 | 66745,49 |
| 7 | Minggu | 56959,12 | 54546,40 | 53284,12 | 54795,04 | 70547,34 | 67589,06 | 66682,56 | 65897,95 |
| 8 | Senin | 56959,12 | 54546,40 | 53284,12 | 54795,04 | 70547,34 | 67589,06 | 66682,56 | 65897,95 |
| 9 | Selasa | 56959,12 | 54546,40 | 53284,12 | 54795,04 | 70547,34 | 67589,06 | 66682,56 | 65897,95 |
| 10 | Rabu | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 11 | Kamis | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 12 | Jumat | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 13 | Sabtu | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 14 | Minggu | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 15 | Senin | 53938,85 | 53970,28 | 53157,61 | 55243,68 | 67721,00 | 67036,09 | 66554,63 | 66331,24 |
| 16 | Selasa | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 17 | Rabu | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 18 | Kamis | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 19 | Jumat | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 20 | Sabtu | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 21 | Minggu | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 22 | Senin | 54516,85 | 54945,29 | 54068,23 | 54266,73 | 66113,76 | 66603,70 | 64696,09 | 65462,79 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 55693,14 | 55029,76 | 56919,56 | 56366,87 | 67493,72 | 69443,05 | 67822,91 | 68082,52 |
| 25 | Kamis | 55693,14 | 55029,76 | 56919,56 | 56366,87 | 67493,72 | 69443,05 | 67822,91 | 68082,52 |
| 26 | Jumat | 56180,38 | 55955,44 | 56073,81 | 56289,21 | 67776,89 | 67146,85 | 67238,70 | 67283,22 |
| 27 | Sabtu | 56180,38 | 55955,44 | 56073,81 | 56289,21 | 67776,89 | 67146,85 | 67238,70 | 67283,22 |
| 28 | Minggu | 56131,98 | | | | 67578,53 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 49808,62 | 49152,51 | 50086,11 | | 59699,14 | 59494,57 | 60504,05 |
| 31 | Rabu | 49366,42 | 54111,81 | 53066,48 | 53347,25 | 59556,90 | 65064,41 | 63545,30 | 63950,08 |

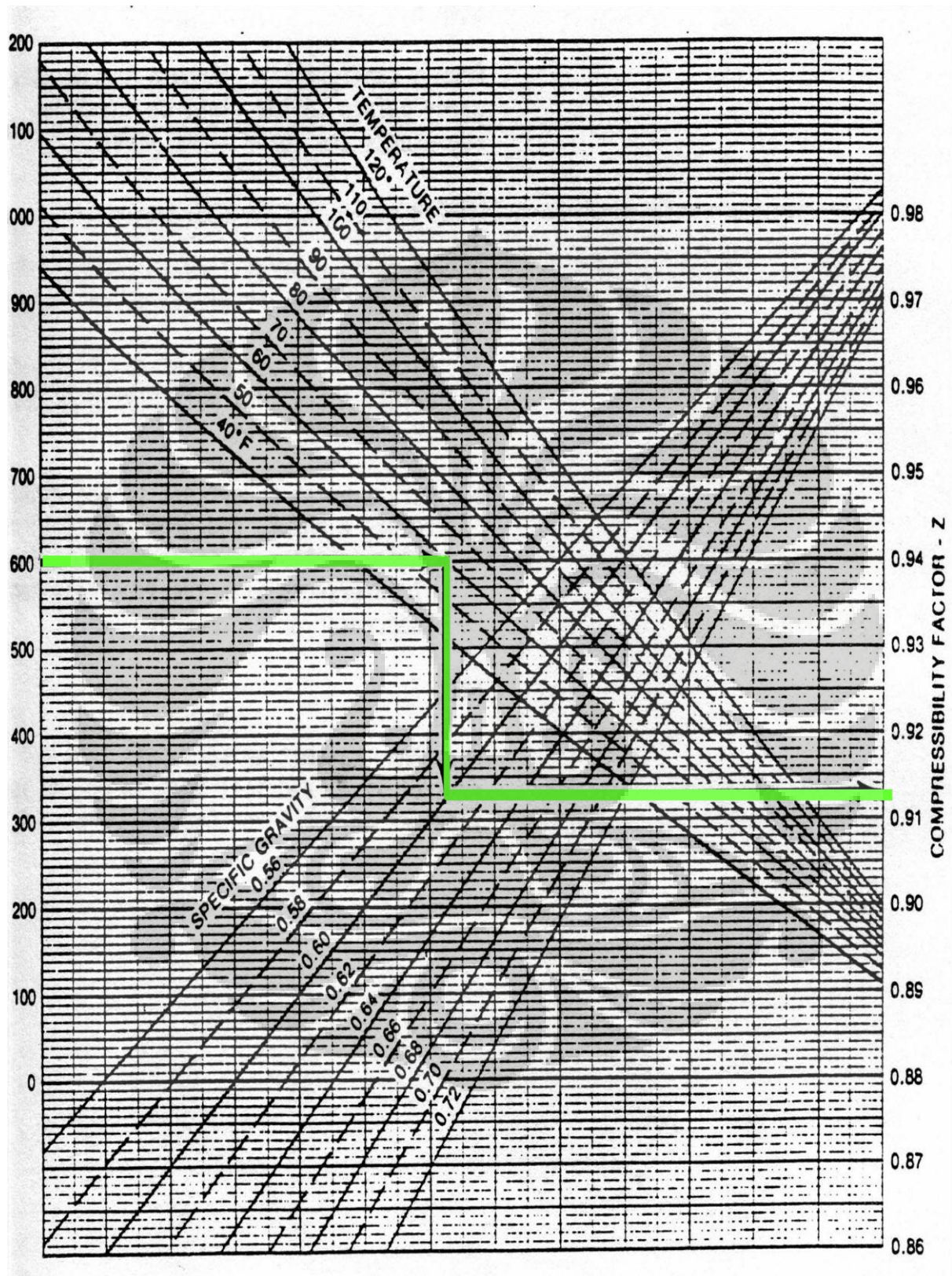
| Tanggal | Hari | Efficiency (η) | | | | Standard_Volume_Flow (mmscfd) | | | |
|---------|--------|-----------------------|-------|--------------|-------|-------------------------------|-------|-----------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 83,31 | 83,66 | 83,60 | 83,34 | 36 | 35 | 34 | 36 |
| 2 | Selasa | 82,46 | 83,16 | 83,32 | 82,94 | 35 | 33 | 33 | 34 |
| 3 | Rabu | 82,46 | 83,16 | 83,32 | 82,94 | 35 | 33 | 33 | 34 |
| 4 | Kamis | 83,13 | 83,07 | 83,47 | 82,91 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 5 | Jumat | 83,13 | 83,07 | 83,47 | 82,91 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 6 | Sabtu | 80,74 | 80,70 | 79,91 | 82,53 | 30 | 27 | 26 | 33 |
| 7 | Minggu | 80,74 | 80,70 | 79,91 | 83,15 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 8 | Senin | 80,74 | 80,70 | 79,91 | 83,15 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 9 | Selasa | 80,74 | 80,70 | 79,91 | 83,15 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 10 | Rabu | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 11 | Kamis | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 12 | Jumat | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 13 | Sabtu | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 14 | Minggu | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 15 | Senin | 79,65 | 80,51 | 79,87 | 83,28 | 30 | 27 | 26 | 34 |
| 16 | Selasa | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 17 | Rabu | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 18 | Kamis | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 19 | Jumat | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 20 | Sabtu | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 21 | Minggu | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 22 | Senin | 82,46 | 82,50 | 83,57 | 82,90 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 82,52 | 79,24 | 83,92 | 82,79 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 25 | Kamis | 82,52 | 79,24 | 83,92 | 82,79 | 32 | 32 | 32 | 32 |
| 26 | Jumat | 82,89 | 83,33 | 83,40 | 83,66 | 35,5 | 35 | 35 | 34,8 |
| 27 | Sabtu | 82,89 | 83,33 | 83,40 | 83,66 | 35,5 | 35 | 35 | 34,8 |
| 28 | Minggu | 83,06 | | | | 35,4 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 83,43 | 82,62 | 82,78 | 0 | 30 | 30 | 30,8 |
| 31 | Rabu | 82,89 | 83,17 | 83,51 | 83,42 | 30 | 34 | 36 | 36,7 |

| Tanggal | Hari | Actual_Volumetric_Flow_Rate (ACFM) | | | | Press_Ratio (Pr) | | | |
|---------|--------|------------------------------------|---------|----------------|---------|------------------|-------|-------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 1810,38 | 1800,31 | 1729,66 | 1805,86 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 2 | Selasa | 1788,11 | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 3 | Rabu | 1788,11 | 1678,79 | 1666,69 | 1714,12 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 4 | Kamis | 1624,41 | 1616,78 | 1594,33 | 1598,28 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 5 | Jumat | 1624,41 | 1616,78 | 1594,33 | 1598,28 | 1,25 | 1,25 | 1,25 | 1,25 |
| 6 | Sabtu | 1602,71 | 1530,33 | 1491,96 | 1701,70 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 7 | Minggu | 1602,71 | 1530,33 | 1491,96 | 1741,61 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 8 | Senin | 1602,71 | 1530,33 | 1491,96 | 1741,61 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 9 | Selasa | 1602,71 | 1530,33 | 1491,96 | 1741,61 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 10 | Rabu | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 11 | Kamis | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 12 | Jumat | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 13 | Sabtu | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 14 | Minggu | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 15 | Senin | 1510,29 | 1362,23 | 1300,36 | 1761,22 | 1,26 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 16 | Selasa | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 17 | Rabu | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 18 | Kamis | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 19 | Jumat | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 20 | Sabtu | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 21 | Minggu | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 22 | Senin | 1638,56 | 1661,83 | 1615,61 | 1628,58 | 1,24 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 1670,91 | 1656,23 | 1710,47 | 1691,22 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 25 | Kamis | 1670,91 | 1656,23 | 1710,47 | 1691,22 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 26 | Jumat | 1867,00 | 1844,89 | 1840,05 | 1833,69 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 27 | Sabtu | 1867,00 | 1844,89 | 1840,05 | 1833,69 | 1,24 | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 28 | Minggu | 1865,97 | | | | 1,24 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 1593,37 | 1559,36 | 1637,22 | | 1,25 | 1,25 | 1,24 |
| 31 | Rabu | 1594,02 | 1744,92 | 1784,85 | 1828,49 | 1,25 | 1,24 | 1,24 | 1,24 |

| Tanggal | Hari | Density (ρ) | | | | Mass_Flow (Lb/s) | | | |
|---------|--------|--------------------|-----------|------------------|-----------|------------------|-------|--------------|-------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 0,7059572 | 0,690184 | 0,6978504 | 0,7077256 | 21,30 | 20,71 | 20,12 | 21,30 |
| 2 | Selasa | 0,6948945 | 0,6978504 | 0,7029161 | 0,7041801 | 20,71 | 19,53 | 19,53 | 20,12 |
| 3 | Rabu | 0,6948945 | 0,6978504 | 0,7029161 | 0,7041801 | 20,71 | 19,53 | 19,53 | 20,12 |
| 4 | Kamis | 0,6993595 | 0,7026583 | 0,7125549 | 0,7107921 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 5 | Jumat | 0,6993595 | 0,7026583 | 0,7125549 | 0,7107921 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 6 | Sabtu | 0,6645255 | 0,6263607 | 0,6186728 | 0,6884542 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 19,53 |
| 7 | Minggu | 0,6645255 | 0,6263607 | 0,6186728 | 0,6930621 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 8 | Senin | 0,6645255 | 0,6263607 | 0,6186728 | 0,6930621 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 9 | Selasa | 0,6645255 | 0,6263607 | 0,6186728 | 0,6930621 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 10 | Rabu | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 11 | Kamis | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 12 | Jumat | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 13 | Sabtu | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 14 | Minggu | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 15 | Senin | 0,7051887 | 0,7036534 | 0,7098289 | 0,6853463 | 17,75 | 15,98 | 15,38 | 20,12 |
| 16 | Selasa | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 17 | Rabu | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 18 | Kamis | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 19 | Jumat | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 20 | Sabtu | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 21 | Minggu | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 22 | Senin | 0,6933185 | 0,6836108 | 0,7031676 | 0,697568 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 0,6798937 | 0,6859198 | 0,6641703 | 0,6717313 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 25 | Kamis | 0,6798937 | 0,6859198 | 0,6641703 | 0,6717313 | 18,93 | 18,93 | 18,93 | 18,93 |
| 26 | Jumat | 0,6750404 | 0,6735094 | 0,6752781 | 0,673751 | 21,00 | 20,71 | 20,71 | 20,59 |
| 27 | Sabtu | 0,6750404 | 0,6735094 | 0,6752781 | 0,673751 | 21,00 | 20,71 | 20,71 | 20,59 |
| 28 | Minggu | 0,6735094 | | | | 20,95 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 0,6684223 | 0,6829997 | 0,6678648 | | 17,75 | 17,75 | 18,22 |
| 31 | Rabu | 0,6681473 | 0,6917483 | 0,7160547 | 0,7125549 | 17,75 | 20,12 | 21,30 | 21,72 |

| Tanggal | Hari | Aerodynamic Power (HP) | | | | Power Required (HP) | | | |
|---------|--------|------------------------|---------|----------------|---------|---------------------|---------|----------------|---------|
| | | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 | 05.00 | 11.00 | 17.00 | 23.00 |
| 1 | Senin | 2487,68 | 2472,67 | 2373,11 | 2488,37 | 2538,45 | 2523,14 | 2421,54 | 2539,16 |
| 2 | Selasa | 2491,80 | 2304,19 | 2297,36 | 2377,97 | 2542,66 | 2351,22 | 2344,24 | 2426,49 |
| 3 | Rabu | 2491,80 | 2304,19 | 2297,36 | 2377,97 | 2542,66 | 2351,22 | 2344,24 | 2426,49 |
| 4 | Kamis | 2233,92 | 2228,49 | 2242,87 | 2217,28 | 2279,51 | 2273,96 | 2288,65 | 2262,54 |
| 5 | Jumat | 2233,92 | 2228,49 | 2242,87 | 2217,28 | 2279,51 | 2273,96 | 2288,65 | 2262,54 |
| 6 | Sabtu | 2276,84 | 1963,23 | 1865,16 | 2369,56 | 2323,31 | 2003,30 | 1903,23 | 2417,92 |
| 7 | Minggu | 2276,84 | 1963,23 | 1865,16 | 2410,36 | 2323,31 | 2003,30 | 1903,23 | 2459,55 |
| 8 | Senin | 2276,84 | 1963,23 | 1865,16 | 2410,36 | 2323,31 | 2003,30 | 1903,23 | 2459,55 |
| 9 | Selasa | 2276,84 | 1963,23 | 1865,16 | 2410,36 | 2323,31 | 2003,30 | 1903,23 | 2459,55 |
| 10 | Rabu | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 11 | Kamis | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 12 | Jumat | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 13 | Sabtu | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 14 | Minggu | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 15 | Senin | 2185,63 | 1947,17 | 1861,59 | 2426,21 | 2230,23 | 1986,91 | 1899,58 | 2475,72 |
| 16 | Selasa | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 17 | Rabu | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 18 | Kamis | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 19 | Jumat | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 20 | Sabtu | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 21 | Minggu | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 22 | Senin | 2276,00 | 2292,87 | 2227,20 | 2253,59 | 2322,45 | 2339,66 | 2272,65 | 2299,59 |
| 23 | Selasa | | | | | | | | |
| 24 | Rabu | 2323,51 | 2390,62 | 2334,84 | 2343,78 | 2370,93 | 2439,41 | 2382,49 | 2391,61 |
| 25 | Kamis | 2323,51 | 2390,62 | 2334,84 | 2343,78 | 2370,93 | 2439,41 | 2382,49 | 2391,61 |
| 26 | Jumat | 2588,46 | 2528,28 | 2531,74 | 2518,94 | 2641,28 | 2579,88 | 2583,41 | 2570,34 |
| 27 | Sabtu | 2588,46 | 2528,28 | 2531,74 | 2518,94 | 2641,28 | 2579,88 | 2583,41 | 2570,34 |
| 28 | Minggu | 2573,61 | | | | 2626,14 | | | |
| 29 | Senin | | | | | | | | |
| 30 | Selasa | | 1926,73 | 1920,13 | 2004,78 | | 1966,05 | 1959,31 | 2045,69 |
| 31 | Rabu | 1922,14 | 2379,87 | 2461,03 | 2524,87 | 1961,37 | 2428,44 | 2511,26 | 2576,40 |

COMPRESSIBILITY FACTOR (Z)



PERFORMANCE DIAGNOSTIC METHOD

| EFFICIENCY | SPEED | COMMENTS |
|-------------------|--------------|---|
| OK | OK | Compressor probably OK |
| OK | LOW | Check speed, P1, P2, and SG measurement |
| OK | HIGH | Possible compressor damage |
| LOW | OK | Possible compressor damage, Check T1, 2 |
| LOW | LOW | Data probably suspect, Check P1,2 and SG |
| LOW | HIGH | Possible comp. Damage. Check Flow measurement |
| HIGH | OK | Comp. Probably OK. Data possibly suspect. Check T1,2 measurement |
| HIGH | LOW | Comp. Probably OK. Data definitely suspect. Check T1,2 measurement |
| HIGH | HIGH | Comp. Probably OK. Data definitely suspect. Check T1,2 measurement |

HASIL PENILAIAN PERFORMANCE REPORT

BAIK
GOOD

SEDANG
FAIR

KURANG
POOR

INISIATIF
INITIATIVE

:



KERJASAMA
COOPERATION

:



DISIPLIN
DISCIPLINE

:



PENGETAHUAN DASAR
BASIC KNOWLEDGE

:



KOMENTAR LAIN
OTHER COMMENTS

:

He has good basic knowledge of Solar Gas Turbine Compressor, especially on C-5054 and C-3065 compressor technical analysis -

PEMBIMBING
SUPERVISOR

: AB HARTONO

(2J Turbomachinery Maintenance Team Leader)

July 19, 2010

SIGNATURE, DATE

HR MANAGER

: ENDAH ZAHROTI

SIGNATURE, DATE

SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR THESIS RESEARCHER CERTIFICATE

DENGAN INI MENERANGKAN BAHWA,
THIS IS TO CERTIFY THAT,

NAMA : TEUKU FIRMANSYAH
NAME

PERGURUAN TINGGI : UNIVERSITAS INDONESIA
UNIVERSITY

FAKULTAS/JURUSAN : TEKNIK MESIN
FACULTY/MAJOR

TINGKAT : S1
GRADE/LEVEL

TELAH BERHASIL MENYELESAIKAN TUGAS AKHIR PADA PERUSAHAAN KAMI
HAS SUCCESSFULLY COMPLETED HIS THESIS RESEARCH WORK WITH US

DARI : 15 FEBRUARI 2010
FROM

SAMPAI : 14 APRIL 2010
THRU

DALAM BIDANG STUDI
ON TOPIC

**ANALISIS KINERJA KOMPRESOR –LIFTING GAS- C5054 DAN C3065 PADA
PLATFORM OFF-SHORE WEST JAVA**

HASIL/NILAI YANG BERSANGKUTAN TERCANTUM DIBALIK SURAT KETERANGAN INI
HIS GENERAL PERFORMANCE IS AS SHOWN ON THE RESERVE SIDE