

**ANALISIS VARIASI BEBAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI PADA
KOMPRESOR SENTRIFUGAL DI PERUSAHAAN YANG BERGERAK
PADA BIDANG *PULP & PAPER***



UNIVERSITAS
FAIZ SULTHAN AL-HAFIDH
NIM: 4132110052
MERCU BUANA

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2023

LAPORAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS VARIASI BEBAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI PADA
KOMPRESOR SENTRIFUGAL DI PERUSAHAAN YANG BERGERAK
PADA BIDANG *PULP & PAPER***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun oleh:

Nama	: Faiz Sulthan Al-Hafidh
NIM	: 41321110052
Program Studi	: Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)
JUNI 2023

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS VARIASI BEBAN TERHADAP KONSUMSI ENERGI PADA KOM- PRESOR SENTRIFUGAL DI PERUSAHAAN YANG BERGERAK PADA BI- DANG *PULP & PAPER*

Disusun oleh:

Nama : Faiz Sulthan Al-Hafidh
NIM : 41321110052
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal:

Telah dipertahankan di depan penguji,

Pembimbing TA

Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Si

NIP. 615780087

Penguji Sidang 1

Dr. Eng. Imam Hidayat

NIP. 112750348

Penguji Sidang 2

Gilang Awan Yudhistira, M. T.

NIP. 221900211

Penguji Sidang 3

Gian Villany Golwa, M. Si

NIP. 119800639

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin

Dr. Eng. Imam Hidayat

NIP. 112750348

Koordinator TA

Gilang Awan Yudhistira, M. T.

NIP. 221900211

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Faiz Sulthan Al-Hafidh

NIM : 4132111052

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Variasi Beban Terhadap Konsumsi Energi Pada Kompresor Sentrifugal di Perusahaan yang Bergerak pada Bidang Pulp & Paper

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Batam, 19 Juni 2023



Faiz Sulthan Al-Hafidh

HALAMAN PENGHARGAAN

Puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, tidak lupa shalawat serta salam tercurah limpahkan kepada nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya, terimakasih yang sebesar-besarnya berkat bantuan dan dorongan dari semua pihak tugas akhir ini dapat diselesaikan. Judul tugas akhir ini adalah “Analisis Variasi Beban Terhadap Konsumsi Energi Pada Kompresor Sentrifugal di Perusahaan yang Bergerak pada Bidang Pulp & Paper”, dengan itu pada kesempatan ini saya sebagai penulis laporan tugas akhir ini menyampaikan rasa terimakasih atas segala petunjuk, bimbingan dan bantuannya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
3. Dr. Eng. Imam Hidayat, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
4. Gilang Awan Yudhistira, ST., M.T selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
5. Gian Villany Golwa, ST., MT, selaku Koordinator Laboratorium Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana
6. Ir. Dadang Suhendra Permana, M.Sc selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu serta mengarahkan dan memberi masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh staff Dosen, Teknisi, dan Admin Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.
8. Keluarga, orang tua, adik-adik, calon teman hidup, rekan kerja, dan teman-teman Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercu Buana.

Masih banyak lagi pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak tersebut. Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan.

Penulis mengharapkan saran dari semua pihak agar menjadi pembelajaran yang positif bagi penulis, demikian tugas akhir ini penulis susun, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak dan penulis sendiri. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Batam, 19 Juni 2023

Faiz Sulthan Al-Hafidh



ABSTRAK

Kompresor merupakan equipment yang sangat kritikal bagi PT.XXX yang bergerak di bidang fabrikasi kertas dan karton karena mayoritas mesin produksinya menggunakan sistem *pneumatic*. Pabrik ini menggunakan kompresor sentrifugal untuk memproduksi udara bertekanan bagi mesin-mesin produksinya selama 7 hari 24 jam terus menerus. Akibatnya, konsumsi energi kompresor harus mendapatkan perhatian khusus. Terkait hal tersebut dilakukanlah analisis dengan membandingkan efisiensi kerja kompresor terhadap variasi tingkat pembebanan. Metode penelitian dilakukan secara eksperimental melalui pengumpulan data beban dan konsumsi energi pada beberapa variasi beban kerja kompresor. Hasil dari penelitian ini didapatkan variasi beban pada kompresor sentrifugal akan mempengaruhi konsumsi energi pada kompresor, *trend*-nya semakin besar beban yang digunakan maka semakin besar juga konsumsi energi yang dihasilkan atau semakin kecil beban yang digunakan atau semakin rendah dari beban optimum maka konsumsi energi nya juga akan semakin besar, tingkat beban kerja optimal dengan konsumsi energi paling rendah ada di angka 7.25 Bar dengan konsumsi energi listrik sebesar 361.86 kW dan konsumsi energi paling tinggi berada di angka 7.00 Bar dengan konsumsi energi listrik sebesar 365.34 kW. Nilai efisiensi polytropik juga mempengaruhi penggunaan energi, sama dengan variasi beban, semakin tinggi atau semakin rendah beban yang digunakan dari titik optimal maka efisiensi polytropiknya akan semakin kecil. Nilai efisiensi polytropik tertinggi terdapat pada beban 7.55 Bar dengan nilai efisiensi polytropik sebesar 84.54% dan nilai efisiensi politropik terendah pada beban 7.00 bar dengan nilai efisiensi polytropik 73.82%. Terjadi pemborosan hingga 30,525.25 kWh/tahun (Rp. 39,682,827 per tahun) dengan menurunkan tekanan 7.80 Bar ke 7.25 Bar.

Kata Kunci: Kompresor Sentrifugal, Konsumsi Energi, Variasi beban, Efisiensi Kompresor

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRACT

The compressor is a critical equipment for PT.XXX, which operates in the paper and cardboard fabrication industry, as the majority of its production machines use pneumatic systems. The factory uses a centrifugal compressor to generate compressed air for its production machines, operating 24/7 for 7 days a week. As a result, the energy consumption of the compressor requires special attention. Therefore, an analysis was conducted to compare the compressor's efficiency with variations in load levels. The research method was carried out experimentally by collecting load and energy consumption data for several compressor workload variations. The research findings revealed that the load variation on the centrifugal compressor affects its energy consumption. The trend shows that as the load increases, the energy consumption also increases, and vice versa. Similarly, when the workload is lower or deviates from the optimal load, the energy consumption also increases. The optimal workload level with the lowest energy consumption was found to be at 7.25 Bar, with an electrical energy consumption of 361.86 kW. On the other hand, the highest energy consumption was recorded at 7.00 Bar, with an electrical energy consumption of 365.34 kW. The polytropic efficiency value also influences energy usage. Similar to the load variation, the higher or lower the workload deviates from the optimal point, the lower the polytropic efficiency becomes. The highest polytropic efficiency value was observed at a load of 7.55 Bar, with a polytropic efficiency of 84.54%, while the lowest polytropic efficiency was recorded at a load of 7.00 Bar, with a polytropic efficiency of 73.82%. There is a wastage of up to 76,313.128 kWh/year (Rp. 99,207,068 per year) by reducing the pressure from 7.80 Bar to 7.25 Bar.

Keywords: Centrifugal Compressor, Energy Consumption, Load Variation, Compressor Efficiency.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.2. LANDASAN TEORI	10
2.2.1. Kompresor Sentrifugal	10
2.2.2. Konsumsi Energi Pada Kompresor	17

2.2.3.	Beban Pada Kompresor Sentrifugal	19
2.2.4.	Efisiensi Kompresor Sentrifugal	21
2.2.5	Hasil Penelitian Terkait	24
BAB III		25
METODOLOGI		25
3.1.	DIAGRAM ALIR	25
3.2.	LANGKAH-LANGKAH PENYELESAIAN	26
3.2.1.	Studi Literatur	26
3.2.2.	Spesifikasi Kompresor Sentrifugal	26
3.2.3.	Perancangan Pengamatan	27
3.2.4.	Variabel Penelitian	28
3.2.5.	Pengamatan dan Pengambilan Data	29
3.2.6.	Parameter-parameter Pengambilan Data	29
3.2.7.	Lokasi dan Kondisi Pengambilan data	29
3.2.8.	Langkah-langkah Pengambilan Data	29
3.2.9.	Pengolahan dan Analisis Data	32
3.2.10.	Instrumentasi Pengambilan Data	33
3.2.11.	Evaluasi Penelitian	35
3.2.12.	Penyusunan Laporan	35
BAB IV		36
HASIL DAN PEMBAHASAN		36
4.1	HASIL PENGAMATAN DAN PENGAMBILAN DATA	36
4.1.1	Data Supply Angin pada Mesin Industri di Plan	36
4.1.2	Hasil Pengamatan dan Pengambilan Data Variasi Operasi Tekan Kompresor	38
4.1.3	Hasil Pengamatan dan Pengambilan Data Penggunaan Energi Listrik	43
4.2	HASIL PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA	50
4.2.1	Hasil Pengolahan dan Analisis Data Pengaruh Beban Terhadap Konsumsi Energi Kompresor Sentrifugal	50
4.2.2	Hasil Pengolahan dan Analisis Data Pengaruh Variasi Beban terhadap Efisiensi Politrpic Kompresor	52

4.2.3 Hasil Pengolahan dan Analisis Data Pengaruh Variasi Beban terhadap <i>Energy Cost</i> Kompresor	53
4.2.4 Perbandingan Hasil Analisa dengan Referensi	55
BAB V	57
PENUTUP	57
5.1 KESIMPULAN	57
5.2 SARAN	58
DAFTAR PUSTAKA	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gaya Sentrifugal yang Dihasilkan Impeller	11
Gambar 2. 2 Skema Kerja Kompresor Sentrifugal	12
Gambar 2. 3 Casing Kompresor Sentrifugal	13
Gambar 2. 4 Inlet Wall Kompresor Sentrifugal	13
Gambar 2. 5 Guide Vane Kompresor Sentrifugal	14
Gambar 2. 6 Eye Seal Kompresor Sentrifugal	14
Gambar 2. 7 Diffuser Kompresor Sentrifugal	14
Gambar 2. 8 Return Bend Kompresor Sentrifugal	15
Gambar 2. 9 Return Channel Kompresor Sentrifugal	15
Gambar 2. 10 Diaphragm Kompresor Sentrifugal	16
Gambar 2. 11 Shaft dan Sleeve Kompresor Sentrifugal	16
Gambar 2. 12 Impeller Kompresor Sentrifugal	17
Gambar 2. 13 Bearing Kompresor Sentrifugal	17
Gambar 2. 14 Pemborosan Energi Listrik pada Kompresor	18
Gambar 2. 15 Diagram p-v Politropik (Aktual) dan Isentropic	21
Gambar 3. 1 Diagram alir proses penyelesaian masalah	25
Gambar 3. 2 Kompresor Sentrifugal Ingersoll Rand C700	27
Gambar 3. 3 Flowchart Perancangan Pengamatan	28
Gambar 3. 4 Control Panel Kompresor Sentrifugal	30
Gambar 3. 5 Pengambilan Data Temperatur Keluar Aktual	31
Gambar 3. 6 Pengambilan Data Tekanan Keluar Aktual	31
Gambar 3. 7 Pengambilan data beban kerja kompresor	31
Gambar 3. 8 Pengambilan Data Arus Listrik Motor	32
Gambar 3. 9 Control Panel Display	33
Gambar 3. 10 Pressure Gauge	34
Gambar 3. 11 Vacuum Gauge	34
Gambar 3. 12 Termometer	34
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Variasi Beban Terhadap Konsumsi Energi Listrik	51
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Variasi Beban terhadap Efisiensi Kompresor	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3. 1 Spesifikasi Kompresor	26
Tabel 4. 1 Tabel Estimasi Energi Saving dari menurunkan Tekanan Operasi (Hendri,2018)	24
Tabel 4. 2 Schedule Overhoul Mesin Maret 2023	37
Tabel 4. 3 Pengambilan Data Kompresor (Sample)	38
Tabel 4. 4 Pengambilan Data Kompresor 20 Maret 2023	40
Tabel 4. 5 Pengambilan Data Kompresor 21 Maret 2023	40
Tabel 4. 6 Pengambilan Data Kompresor 22 Maret 2023	42
Tabel 4. 7 Pengambilan Data Kompresor 23 Maret 2023	43
Tabel 4. 8 Pengambilan Data Penggunaan Energi Listrik	44
Tabel 4. 9 Pengambilan Data Efisiensi Kompresor 20 Maret 2023	46
Tabel 4. 10 Pengambilan Data Efisiensi Kompresor 21 Maret 2023	47
Tabel 4. 11 Pengambilan Data Efisiensi Kompresor 22 Maret 2023	48
Tabel 4. 12 Pengambilan Data Efisiensi Kompresor 23 Maret 2023	49
Tabel 4. 13 Pengambilan Data Beban Terhadap Konsumsi Energi	51
Tabel 4. 14 Pengambilan Data Variasi Beban terhadap Efisiensi Kompresor	52
Tabel 4. 15 Tabel Pengaruh Konsumsi Energi Listrik terhadap Biaya Operasional	54
Tabel 4. 16 Perbandingan Konsumsi Energi Kompresor	55
Tabel 4. 17 Tabel Perbandingan Hasil Penelitian	55



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
Q	Debit aliran fluida
BHP	Daya poros
WHP	Daya hidrolis
H	<i>Head</i>
η	Efisiensi hidrolis
P	Daya listrik motor
V	Volume fluida
t	Waktu
A	Luas penampang
ϑ	Kecepatan fluida
N_2	Kecepatan putaran poros aktual
N_1	Kecepatan putaran poros ideal
ρ	Massa jenis fluida
ΔP	Perbedaan tekanan <i>discharge</i> dan <i>suction</i>
g	Percepatan gravitasi
P_1	Daya motor aktual
P_2	Daya motor desain
V	Tegangan motor
I	Arus motor
$\cos \varnothing$	Faktor daya