

REKAYASA MESIN KOMPRESI BIOGAS



PROYEK AKHIR

**Diajukan guna memenuhi sebagai syarat
Guna memperoleh gelar Ahli Madya
Program Studi D-III Teknik Mesin Produksi**

Disusun Oleh :

NURVEGA SRIYANTO

I 8106031

PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK MESINPRODUKSI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2009

HALAMAN PERSETUJUAN

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi D III Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.



Surakarta, Agustus 2009

Pembimbing I

Pembimbing II

Tri Istanto, ST,MT
NIP. 19730820200012001

Ir. Wijang Wisnu R, MT
NIP. 196810041999031002

PENGESAHAN

Proyek Akhir ini telah disetujui untuk dipertahankan dihadapan Tim penguji Proyek Akhir Program Studi D III Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dan diterima untuk memenuhi persyaratan mendapat gelar Ahli Madya.

Pada hari :

Tanggal :

Tim Penguji Proyek Akhir

	Nama Terang	Tanda Tangan
Ketua/ Penguji I		
Penguji II		
Penguji III		
Penguji IV		

Mengetahui,
Ketua Program D3 Teknik Mesin
Fakultas Teknik Mesin UNS

Disyahkan Oleh:
Koordinator Proyek Akhir

Zainal Arifin,ST,MT
NIP. 197303082000031001

Jaka Sulistya Budi , ST
NIP. 196710191999031001

MOTTO

**Tiadalah kamu mengetahui bahwa kerajaan langit dan bumi adalah kepunyaan
Allah?**

**Dan tiada bagimu, selain Allah, seorang pelindung
maupun seorang penolong
(Al- Baqoroh : 107)**

**”Ketika sedang bekerja, bekerjalah, dan ketika sedang bermain, bermainlah.
Janganlah mencampur-adukkan keduanya.”
(Jim Rhon)**

**”Agar segalanya berubah, anda harus berubah.
Kalau tidak, tidak akan banyak yang berubah”.
(Jim Rhon)**

There are 4 things that U cann't recover :

The stone...after the throw!

The word...after it's said

The occasion...after the loss

The time...after it's gone

(Anonymous)

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir dengan judul “*Rekayasa Mesin Kompresi Biogas*” ini penulis persembahkan kepada:



Ayah dan ibunda tercinta, dan seluruh keluargaku
Teman-teman angkatan Teknik Mesin Produksi '2006
Teman-teman KOPMA UNS
Bengkel Teknik Mesin
Pembaca yang budiman

ABSTRAKSI

Arief Wibowo, 2009, “**Rekayasa Mesin Kompresi Biogas**”, Proyek Akhir, Program Studi Diploma D III Teknik Mesin Produksi Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Proyek akhir ini bertujuan untuk merekayasa dan membuat mesin kompresi biogas untuk memindahkan biogas dari *digester* ke dalam tabung. Proses perancangan meliputi 4 tahap. Pertama membuat desain mesin yang akan dibuat. Kedua pemilihan alat dan bahan. Ketiga analisa dan perhitungan. Keempat proses produksi sesuai perhitungan.

Berdasarkan hasil perancangan komponen utama yang digunakan adalah sebagai berikut : motor listrik 1 HP, kompresor torak, kondensor, kipas kondensor, serta komponen pendukung : *one way valve*, *safety valve*, termokontroler, sambungan-sambungan serta pipa aluminium. Biaya produksi yang diperlukan Rp.3.413.175,00

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan karunia-Nya. Penulis dapat menyelesaikan dan menyusun laporan Tugas Akhir ini dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas Akhir ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, diantaranya adalah:

1. Bapak Zainal Arifin, ST.,MT. selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Bapak Tri Istanto, ST.,MT.selaku Dosen Pembimbing I.
3. Bapak Ir.Wijang Wisnu R.,MT.selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Jaka Sulistyia Budi selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Laboratorium Proses Produksi Universitas Sebelas Maret Surakarta tempat pengerjaan alat.
6. Team proyek akhir
7. Bapak, Ibu dan saudara-saudaraku yang telah memberi dukungan dalam kelancaran penyusunan laporan Tugas Akhir ini.

Mengingat keterbatasan waktu, kemampuan, data-data yang ada serta buku-buku yang Penulis peroleh, Penulis menyadari penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami harapkan saran dan kritik yang dari semua pihak agar laporan Tugas Akhir ini lebih baik. Semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Surakarta, Agustus 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAKSI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Metodologi	3
1.5. Tujuan Proyek Akhir	3
1.6. Manfaat Proyek Akhir.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Biogas	4
2.1.1 Sifat Biogas	4
2.1.2 Kompresi Biogas	5
2.1.3 Penyimpanan Biogas.....	13
2.2. Kapasitas kompresor.....	14
2.3. Puli dan Sabuk	15
2.3.1 Puli	15
2.3.2 Sabuk.....	16
2.3.3 Perencanaan Puli dan Sabuk	17
2.4. Perencanaan Pasak.....	20

2.5. Proses pengelasan	20
2.5.1 Proses Las Listrik.....	21
2.5.2 Jenis Sambungan Las	22
2.5.3 Memilih Besarnya Arus	22
2.5.4 Kekuatan Las.....	23
2.6. Pemilihan Mur dan Baut	24
2.7. Statika.....	25
2.7.1 Gaya Luar.....	26
2.7.2 Gaya Dalam.....	26
2.7.3 Tumpuan	28
2.7.4 Diagram Gaya Dalam.....	29
2.8. Proses permesinan.....	30
2.9. Kelistrikan	31
BAB III ANALISA PERHITUNGAN	33
3.1. Prinsip Kerja	33
3.2. Daya yang dibutuhkan untuk kompresi	35
3.3. Perencanaan puli dan sabuk	36
3.4. Perhitungan pasak	41
3.5. Kekuatan las	43
3.6. Perencanaan mur dan baut	45
3.6.1. Baut pada dudukan motor	45
3.6.2. Baut pada dudukan kompresor.....	48
3.7. Perhitungan rangka	51
3.7.1. Dudukan motor	51
3.7.2. Kekuatan rangka	54
3.8. Proses permesinan.....	62
3.9. Analisa hasil pengujian	68
BAB IV PROSES PRODUKSI DAN ANALISA BIAYA	70
4.1. Proses pembuatan rangka.....	70
4.2. Proses pengecatan	72

4.3. Proses perakitan	72
4.4. Proses permesinan.....	76
4.5. Analisa biaya.....	77
BAB V PEMERIKSAAN DAN PERAWATAN	80
5.1. Kompresor.....	80
5.1.1 Pemeriksaan harian	80
5.1.2 Pemeriksaan rutin.....	81
5.1.3 Tindakan pengamanan	82
5.1.4 Prosedur over haul	83
5.1.5 Prosedur pemeriksaan	84
5.1.6 Perakitan kompresor torak dan prosedurnya.....	84
5.2. Motor dan Rangkaian kelistrikan.....	88
5.2.1 Motor.....	88
5.2.2 Rangkaian kelistrikan.....	89
5.3. Saluran pipa dan kondensor	89
BAB VI PENUTUP	91
6.1. Kesimpulan	91
6.2. Saran.....	91
PUSTAKA	92

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 2.1 Digester dan komponen kompresi biogas*
- Gambar 2.2 Biogas yang disimpan dalam tabung digunakan untuk memasak*
- Gambar 2.3 Komponen-komponen kompresor biogas*
- Gambar 2.4 Variasi daya kuda (Horse Power)*
- Gambar 2.5 Variasi daya kuda kompresor dengan kapasitas*
- Gambar 2.6 Panjang sabuk dan sudut kontak pada sabuk terbuka*
- Gambar 2.7 Diagram pembebanan dan gaya bebas statika kesetimbangan*
- Gambar 2.8 Tanda gaya normal*
- Gambar 2.9 Tanda gaya geser*
- Gambar 2.10 Tanda momen lentur*
- Gambar 2.11 Tumpuan roll*
- Gambar 2.12 Tumpuan sendi*
- Gambar 2.13 Reaksi tumpuan jepit*
- Gambar 3.1 Sketsa mesin kompresi biogas*
- Gambar 3.2 sabuk dan puli*
- Gambar 3.3 sambungan las pada dudukan roda*
- Gambar 3.4 baut pada dudukan motor*
- Gambar 3.5 baut pada dudukan kompresor*
- Gambar 3.6 Sketsa rangka*
- Gambar 3.7 pembebanan pada dudukan motor*
- Gambar 3.8 diagram momen lentur*
- Gambar 3.9 penampang dudukan motor*
- Gambar 3.10 reaksi gaya luar*
- Gambar 3.11 potongan kiri (a-a) C-A*
- Gambar 3.12 potongan kiri (b-b) A-D*
- Gambar 3.13 potongan kiri (c-c) D-E*
- Gambar 3.14 potongan kiri (d-d) E-B*

Gambar 3.15 potongan kiri (e-e) B-F

Gambar 3.16 diagram gaya normal

Gambar 3.17 diagram gaya geser

Gambar 3.18 diagram momen lentur

Gambar 3.19 profil L 45 x 45 x 3

Gambar 4.1 Dimensi rangka

Gambar 4.2 Konstruksi rangka keseluruhan

Gambar 4.3 Sistem kelistrikan

Gambar 4.4 Mesin kompresi biogas



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-sifat metana dan karbondioksida

Tabel 2.2 Daya yang diperlukan untuk mengkompresi biogas

Tabel 2.3 Pengaruh tekanan terhadap densitas energy dan volume penyimpanan

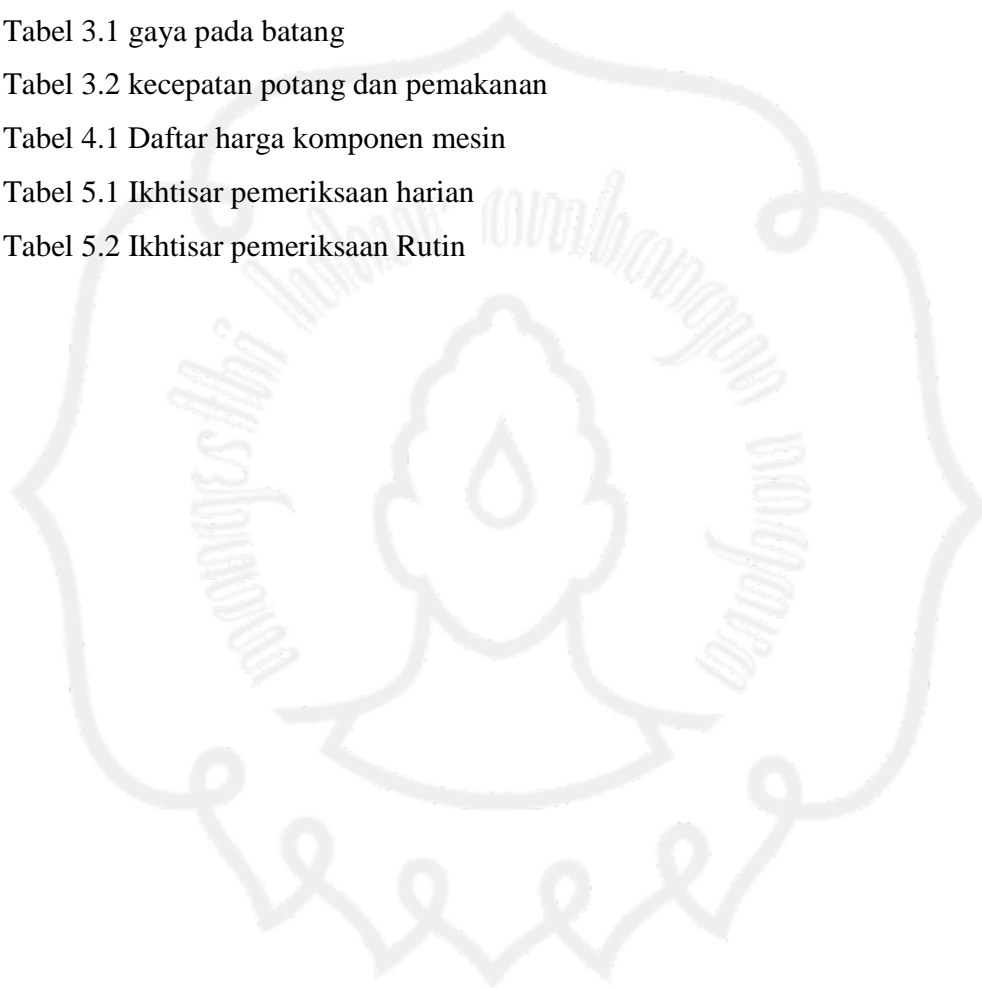
Tabel 3.1 gaya pada batang

Tabel 3.2 kecepatan potong dan pemakanan

Tabel 4.1 Daftar harga komponen mesin

Tabel 5.1 Ikhtisar pemeriksaan harian

Tabel 5.2 Ikhtisar pemeriksaan Rutin



DAFTAR NOTASI

T_1	= temperatur gas masuk kompresor ($^{\circ}C$)
T_2	= temperatur gas keluar kompresor ($^{\circ}C$)
P_d	= tekanan keluar kompresor (<i>psi</i>)
P_s	= tekanan keluar kompresor (<i>psi</i>)
W	= kerja poros yang diperlukan untuk kompresi (<i>Hp</i>)
k	= perbandingan panas jenis (C_p/C_v)
R	= konstanta gas untuk biogas
Q_{th}	= perpindahan torak ($m^3 / menit$)
D	= diameter silinder torak (<i>mm</i>)
S	= panjang langkah torak (<i>mm</i>)
N	= putaran (<i>rpm</i>).
η_v	= efisiensi volumetrik
Q_s	= volume gas yang dihasilkan ($m^3 / menit$)
ε	= volume sisa (<i>clearence</i>) relatif (m^3).
n	= koefisien ekspansi gas yang tertinggal didalam volume sisa
V_c	= volume sisa (m^3)
V_s	= volume langkah torak (m^3)
D_1	= diameter puli penggerak (<i>mm</i>)
D_2	= diameter puli pengikut (<i>mm</i>)
N_1	= putaran puli penggerak (<i>rpm</i>)
N_2	= putaran puli pengikut (<i>rpm</i>)
v	= kecepatan linier sabuk (<i>m/s</i>)
L	= panjang total sabuk (<i>mm</i>)
x	= jarak titik pusat puli penggerak dengan puli pengikut (<i>mm</i>)
r_1	= jari-jari puli kecil (<i>mm</i>)
r_2	= jari-jari puli besar (<i>mm</i>)

- T_1 = tegangan sisi kancang (N)
- T_2 = tegangan sisi kendor (N)
- μ = koefisien gesek sabuk dan puli
- ϕ = sudut kontak puli (rad)
- β = sudut alur puli ($^{\circ}$)
- α = sudut kerja puli ($^{\circ}$)
- n = jumlah sabuk
- F = gaya tarik las (N)
- h = tinggi las (mm)
- l = panjang las (mm)
- σ = tegangan tarik (N/mm^2)
- τ = tegangan geser (N/mm^2)
- τ_t = tegangan geser ijin (N/mm^2)
- σ_t = tegangan tarik ijin (N/mm^2)
- W = beban (N)
- W_s = beban geser langsung yang diterima baut (N)
- L_1 = jarak sumbu baut terhadap tepi (mm)
- L_2 = jarak antar sumbu baut (mm)
- q = tekanan kontak pada permukaan ulir (N/mm^2)
- S_f = faktor keamanan
- h = tinggi profil (mm)
- d_1 = diameter luar (mm)
- d_2 = diameter efektif luar (mm)
- z = jumlah ulir yang terikat/terkait
- p = jarak antar puncak
- k = tetapan
- j = tetapan
- w = lebar pasak (mm)
- d = diameter poros (mm)
- l = panjang pasak (mm)

t = tebal pasak (mm)

T = torsi poros ($N.mm$)

Wt = beban tarik pada baut (N)

Wte = beban tarik ekivalen (N)

W_{se} = beban geser ekivalen (N)

σ = tegangan normal (kg/cm^2)

N = gaya normal (kg)

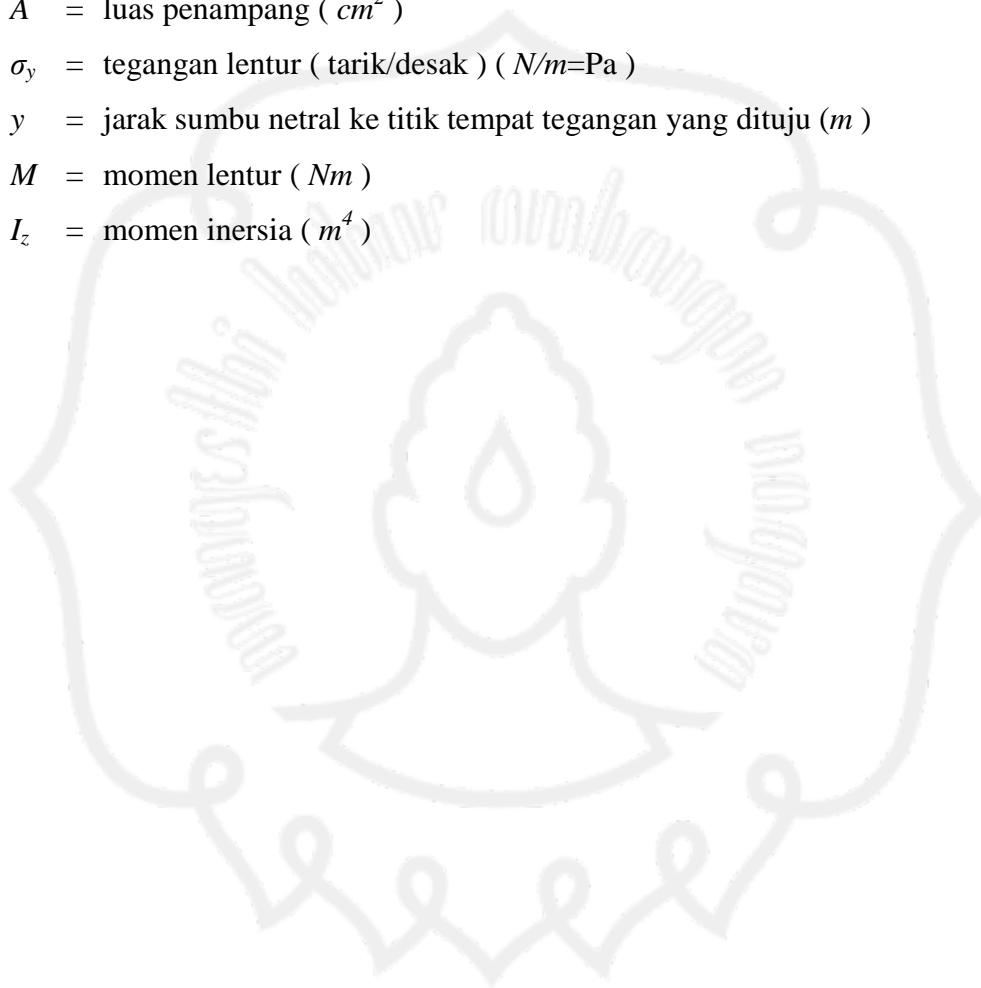
A = luas penampang (cm^2)

σ_y = tegangan lentur (tarik/desak) ($N/m=Pa$)

y = jarak sumbu netral ke titik tempat tegangan yang dituju (m)

M = momen lentur (Nm)

I_z = momen inersia (m^4)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar dalam kehidupan manusia. Salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan adalah bahan bakar minyak atau BBM. Penggunaan BBM yang semakin meningkat telah menyebabkan harga BBM meningkat secara drastis. Ketersediaan BBM yang semakin menipis juga menyebabkan harga BBM semakin tidak terkendali. Kondisi ini tentu sangat mengkhawatirkan, sebab hal ini dapat menyebabkan meningkatnya harga semua kebutuhan pokok manusia. Kelangkaan bahan bakar minyak, yang disebabkan oleh kenaikan harga minyak dunia yang signifikan, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi bersama-sama.

Biogas memberikan solusi terhadap masalah penyediaan energi dengan murah dan tidak mencemari lingkungan. Saat ini pemanfaatan energi terbarukan ini kebanyakan masih sebatas dalam skala rumah tangga, itupun hanya sebagian masyarakat yang mempunyai ternak dan reaktor biogas sendiri, sedangkan untuk peternak yang memproduksi biogas berkapasitas besar terbentur masalah pendistribusiannya. Ada yang menggunakan jaringan pipa dari pipa PVC yang secara langsung dihubungkan ke rumah - rumah. Dari aplikasi - aplikasi yang terlihat cukup sederhana tersebut dapat disimpulkan bahwa pendistribusian biogas menggunakan tabung-tabung LPG secara teknis sangatlah mungkin dilakukan. Hal ini didukung terutama sekali jika dikaitkan dengan keuntungan dari sisi kepraktisan, efektifitas serta sisi ekonomisnya.

Untuk memindahkan biogas dari digester ke dalam tabung tentunya dengan menggunakan mesin yang bisa mengkompresi biogas tersebut ke dalam tabung secara aman dan mengurangi resiko yang ditimbulkan. Dapat digambarkan bahwa cara kerja mesin ini sangat mudah, namun dengan mempertimbangkan sifat-sifat dari biogas itu sendiri yang mudah terbakar (*flammable*) maka dalam proses kompresi biogas tersebut harus diberi perlakuan khusus.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam proyek akhir ini adalah bagaimana merancang, membuat, dan menguji mesin kompresi biogas dengan penggerak motor listrik yang sederhana dan efektif, yang perancangannya meliputi:

1. Cara kerja mesin.
2. Pemilihan bahan maupun komponen mesin.
3. Analisa perhitungan mesin.
4. Perkiraan perhitungan biaya.
5. Proses pembuatan dan perangkaian mesin.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka batasan-batasan masalah pada proyek akhir ini adalah:

1. Perancangan tidak meliputi pemisahan gas H₂S dan gas CO₂.
2. Perancangan tidak meliputi penghilangan uap air.
3. Membatasi perhitungan hanya pada komponen mesin yang meliputi: perhitungan daya motor, kapasitas kompresor, puli dan sabuk, baut dan statika
4. Kapasitas tekanan yang dihasilkan 8 kg/cm².

1.4 Metodologi

Untuk menyelesaikan permasalahan yang timbul dalam pembuatan mesin kompresi biogas, metode yang digunakan antara lain:

1. Metode konsultasi
Dengan cara mengadakan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing proyek akhir.
2. Studi pustaka.
Yaitu data diperoleh dengan merujuk pada beberapa literatur sesuai dengan permasalahan yang dibahas.
3. Merumuskan masalah
Mencakup komponen atau elemen mesin apa yang akan dirancang dan dibuat.
4. Pengolahan data

Perhitungan dan perencanaan komponen yang akan dibuat.

5. *Trial and error.*

Yaitu dengan melakukan beberapa kali percobaan/pembuatan langsung untuk mendapatkan mesin dengan spesifikasi yang dikehendaki.

6. Pengujian dan evaluasi.

1.5 Tujuan Proyek Akhir

Tujuan dari proyek akhir ini adalah mahasiswa mampu merekayasa mesin kompresi biogas dalam hal perencanaan konstruksi mesin, perhitungan, perawatan, dan dengan tingkat keamanan yang memadai.

1.6 Manfaat Proyek Akhir

Pada proyek akhir ini dapat diambil manfaatnya sebagai berikut :

1. Secara teoritis:

Mahasiswa dapat memperoleh pengetahuan tentang perencanaan, pembuatan, dan cara kerja mesin kompresi biogas.

2. Secara praktis:

Proyek akhir ini bermanfaat sebagai wahana latihan para mahasiswa agar mempunyai kreatifitas dan kemampuan praktis dalam perencanaan yang melibatkan analisis, penelitian, dan pengembangan di bidang teknik mesin untuk mencapai sumber daya manusia yang berkualitas dan profesional.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Biogas

Biogas terdiri dari metana (CH_4) (55-60%), karbondioksida (CO_2) (35-40%), hidrogen sulfida (H_2S) (< 1%) dan sangat sedikit (*traces*) uap air. Biogas diproduksi oleh bakteri anaerob (bakteri-bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara) yang berasal dari bahan-bahan organik yang dimasukkan dalam ruang kedap udara (*digester*). Untuk meningkatkan energi per satuan volume biogas, kandungan CO_2 dalam biogas seharusnya dihilangkan. Kandungan hidrogen sulfida (H_2S) dapat memperburuk sistem kompresi karena sifat korosifnya. Ketika biogas diproduksi dari *digester*, kandungan hidrogen sulfida biasanya kurang dari 1%. Konsentrasi hidrogen sulfida lebih 1% seharusnya dihilangkan sebelum digunakan dalam mesin.

Terdapat beberapa metode untuk menghilangkan karbon dioksida (CO_2) antara lain; absorpsi dalam air, absorpsi menggunakan bahan kimia, dan pemisahan membran (*membrane separation*). Absorpsi CO_2 dalam air adalah sederhana, murah, ramah lingkungan dan merupakan metode yang praktis untuk penghilangan CO_2 dari biogas di daerah pedesaan. Proses ini merupakan proses yang kontinyu dan secara simultan juga menghilangkan hidrogen sulfida (H_2S).

2.1.1. Sifat biogas

Sifat fisik dan kimia dari biogas mempengaruhi pemilihan teknologi yang akan digunakan, dimana pengetahuan tentang sifat-sifat dari biogas bermanfaat untuk mengoptimalkan peralatan yang menggunakan gas ini. Karena kandungan utama biogas terdiri dari metana dan karbondioksida, maka sifat biogas difokuskan pada sifat-sifat dari masing-masing gas tersebut. Unsur-unsur lain seperti nitrogen (N_2), hidrogen sulfida (H_2S), relatif dalam jumlah sangat kecil, namun gas hidrogen sulfida mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap material yaitu dapat menyebabkan korosi jika bereaksi dengan air (H_2O).

Tabel 2.1 Sifat-sifat metana dan karbondioksida

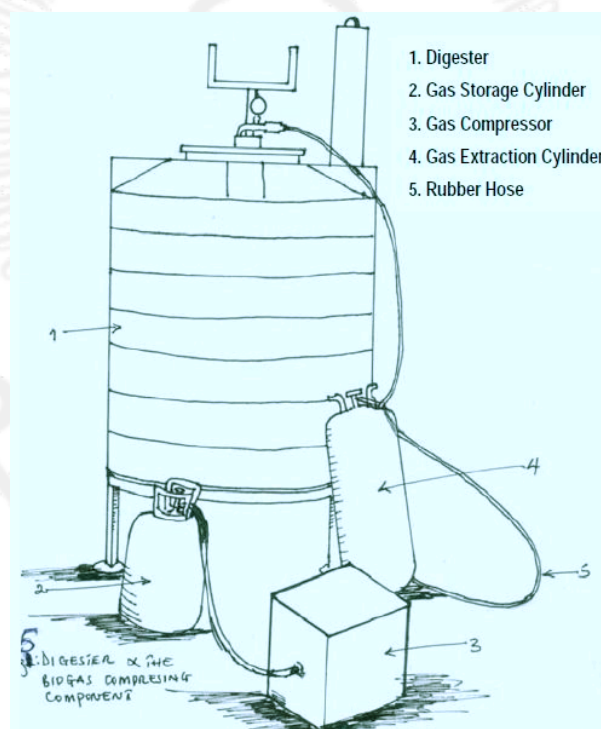
	Metana (CH_4)	Karbon dioksida (CO_2)
--	--------------------------	-----------------------------------

Berat molekul	16,04	44,1
Berat jenis (<i>specific gravity</i>)	0,554	1,52
Titik didih @ 14,7 psia	126,43 °C	42,99 °C
Titik beku @ 14,7 psia	-182,53°C	-56,60 °C
Volume jenis	24,2 ft ³ /lb	8,8 ft ³ /lb
Temperatur kritis	46,6 °C	31,10 °C
Tekanan kritis	673 psia	1.072 psia
Perbandingan panas jenis	1,307	1,303

Sumber : Heisler, 1981, *biogas utilization handbook* hlm 14)

2.1.2 Kompresi Biogas

Mengkompresi biogas mengurangi keperluan penyimpanan, memusatkan kandungan energi, dan menaikkan tekanan hingga ke batas yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan aliran gas. Terkadang tekanan yang dihasilkan dari *digester* tidak mencukupi kebutuhan tekanan yang diperlukan pada peralatan yang akan digunakan. Dengan mengompresi biogas maka dapat mengeliminasi hal-hal yang mungkin tidak diinginkan dan menjamin pengoperasian yang lebih efisien pada peralatan.

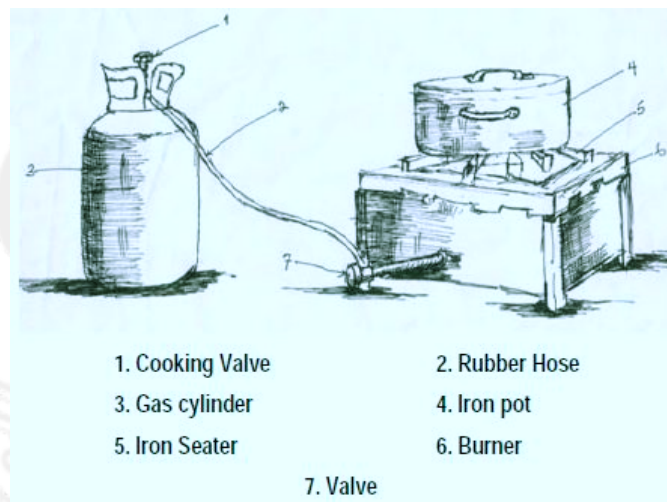


Gambar 2.1 Digester dan komponen kompresi biogas

Ezekoye, 2006

Sistem biogas yang besar mengandalkan pada kompresi untuk mengurangi ukuran fasilitas penyimpanan gas atau untuk memindahkan biogas ke sebuah sistem perpipaan/saluran pipa. Sistem-sistem biogas untuk bahan bakar mobil atau

truk menggunakan kompresor untuk mencapai densitas energi tinggi yang diperlukan. Biogas dapat digunakan di rumah tangga atau biogas yang sudah disimpan dalam tangki dapat digunakan dengan *burner* dimana nyala apinya biru (gambar 2.2). Pemilihan apakah memakai sebuah blower atau kompresor tergantung dari jumlah kenaikan tekanan yang diperlukan. Tanpa mengabaikan tekanan yang diperlukan, keduanya (blower atau kompresor) harus memenuhi spesifikasi desain untuk menangani biogas.



Gambar 2.2 Biogas yang disimpan dalam tangki digunakan untuk memasak

Sumber : Ezekoye, 2006

Kompresor gas adalah sebuah peralatan mekanis yang menaikkan tekanan dari sebuah gas dengan cara mengurangi volumenya. Mengkompresi gas secara alami menaikkan temperaturnya. Dalam mengkompresi biogas perlu diperhatikan bahwa kenaikan temperatur biogas tidak boleh sampai ke temperatur nyala (*autoignition temperature*) dari biogas, dimana bisa terjadi penyalaan biogas dengan sendirinya (tanpa bantuan bungan api). Karena gas adalah dapat dikompresi (*compressible*), kompresor juga mengurangi volumenya, dimana hasil utama tekanan gas naik sehingga gas bisa dipindahkan ke dalam sebuah tangki penyimpanan (*storage tank*). Dalam mengkompresi biogas diperlukan sebuah kompresor gas yang sesuai untuk gas-gas yang dapat terbakar (*flammable gases*). Ini berbeda dari kompresor biasa dalam beberapa hal :

1. Penempatan silinder jauh dari kotak engkol (*crankcase*).
2. Perpak (*packing*) yang digunakan berkualitas tinggi

3. Batang penghubung yang digunakan sudah melalui proses pengerasan (*hardening*).
4. Membuat saluran angin dari *crankcase* untuk membuang kebocoran dan mencegah ledakan.
5. Saluran masuk dan keluar didesain untuk membiarkan kontaminan keluar daripada terkumpul di kompresor.
6. Motor dan semua penghubung listrik yang digunakan tahan terhadap ledakan.

Sistem dan peralatan yang diperlukan dalam mengkompresi gas adalah kompresor, sistem pembersih (*clean-up system*), dan tangki penyimpanan. Kebanyakan dari peralatan ini terdiri dari perpipaan dan katup-katup tetapi desain dan material khusus diperlukan untuk membuang air yang mengembun dan mencegah korosi.

Tekanan operasi dari kebanyakan sistem penanganan biogas secara umum kurang dari 1 psig (30 in kolom air). Jika sistem terdapat sebuah kompresor, beberapa pipa dalam sistem dapat mempunyai tekanan operasi setinggi-tingginya 500 psig. Kebanyakan sistem akan memerlukan sebuah katup pembebas (*relief valve*) oleh karena itu tekanan operasi maksimum akan menjadi tekanan penyetelan dari katup pembebas. Jika sebuah sistem dengan sebuah kompresor tidak mempunyai katup pembebas, tekanan operasi maksimum akan menjadi tekanan penyetop (*shut-off pressure*) dari kompresor dimana terjadi ketika aliran gas melalui kompresor adalah nol dan tekanan keluaran (*output*) adalah maksimum. Tekanan desain yang digunakan untuk menentukan ketebalan dinding pipa dan katup seharusnya dihitung sebagai berikut :

$$\text{Tekanan desain} = 1,5 \times \text{tekanan operasi maksimum} \dots \dots \dots (2.1)$$

Temperatur biogas akan mendekati sama dengan temperatur sumbernya dimana biogas tersebut dihasilkan, yaitu digester. Temperatur operasi maksimum dari sebuah sistem penanganan biogas akan mendekati 150 °F karena temperatur pembangkit biogas tertinggi yang dikenal sebagai *thermophilic digester* beroperasi terbaik pada temperatur 131 °F. Jika gas dikompresi tanpa pendinginan untuk membuang panas dari kompresi, temperatur gas akan naik secara signifikan. Temperatur gas dapat dihitung sebagai berikut :

$$T_{\text{kompresor out}} = T_{\text{kompresor in}} \times (P_{\text{out}}/P_{\text{in}}) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$T_{\text{kompresor out}}$ = temperatur gas keluar kompresor ($^{\circ}\text{C}$)

$T_{\text{kompresor in}}$ = temperatur gas masuk kompresor ($^{\circ}\text{C}$)

P_{out} = tekanan keluar kompresor (psig)

P_{in} = tekanan masuk kompresor (psig)

Temperatur desain dihitung sebagai berikut :

$$\text{Temperatur desain} = 1,5 \times \text{temperatur operasi maksimum} \dots\dots(2.3)$$

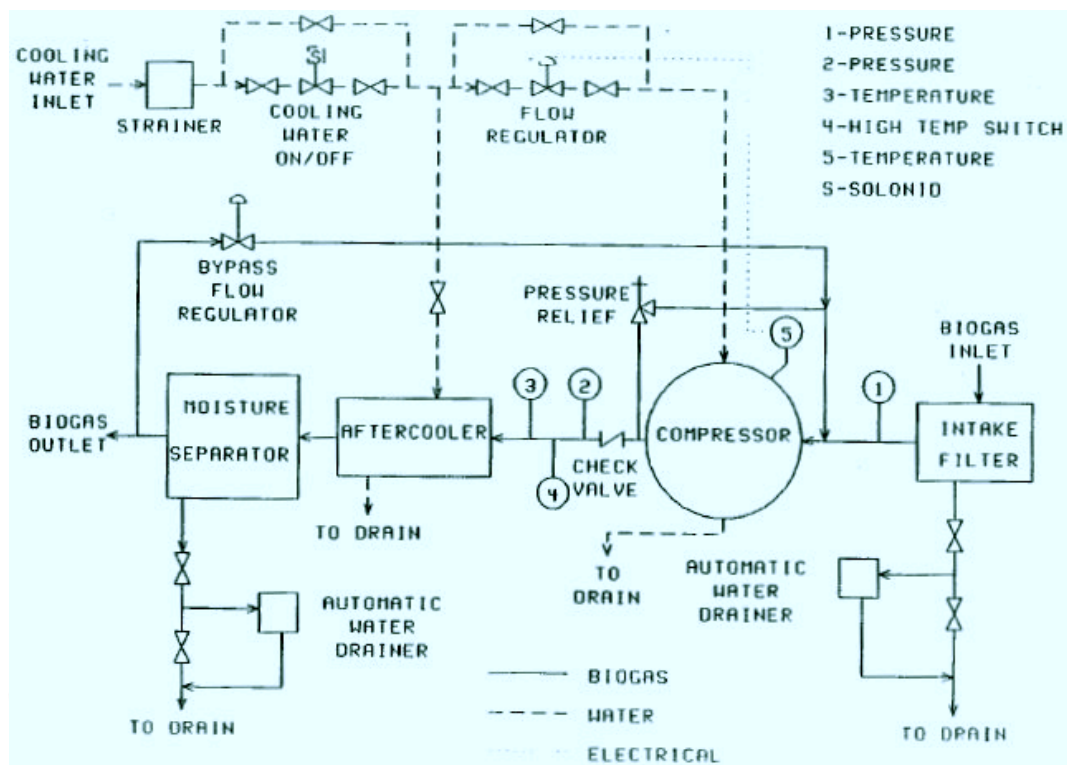
(Sumber : Heisler, 1981, *biogas utilization handbook* hlm 24)

Proses kompresi biogas memerlukan gas yang bersih dimana gas H_2S yang terkandung dalam biogas harus sudah dihilangkan. Biogas biasanya mengandung 1000 ppm hingga 2% gas H_2S (% volume). Gas H_2S harus dihilangkan sebelum proses kompresi karena akan membentuk sebuah asam ketika bereaksi dengan keberadaan uap air dalam gas. Asam yang terjadi merusak komponen-komponen kompresor (korosi) dan akan memicu kegagalan peralatan lebih awal. Menghilangkan gas CO_2 dan uap air juga memperbaiki nilai energi dari biogas yang dikompresi dan mengeliminasi biaya mengkompresi komponen-komponen gas yang tidak diinginkan dan tidak berguna.

Kondensasi (pengembunan) dapat menjadi masalah pada saluran keluaran kompresor gas atau pada tempat-tempat lain dalam laluan gas yang mengalami penurunan tekanan (*pressure drop*) yang berlebihan. Perangkap air (*water trap*) seharusnya disediakan pada saluran gas masuk dan keluar dari kompresor yang digunakan dalam sistem biogas.

Pemilihan blower atau kompresor tergantung dari besar kenaikan tekanan yang diperlukan oleh sebuah sistem. Blower digunakan untuk menanggulangi penurunan tekanan (*pressure drop*) di perpipaan atau untuk mengisi tempat penyimpanan bertekanan rendah. Kompresor khusus digunakan untuk memperoleh tekanan sedang (sekitar 200 psi) atau tekanan tinggi (2000 psi atau lebih). Beberapa kompresor tekanan sedang yang digunakan untuk menangani aliran biogas yang kecil disebut *boosters*.

Sebuah kompresor biogas dan beberapa peralatan tambahannya serta kontrol-kontrol yang diperlukan untuk operasi yang efektif digambarkan pada gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3. Komponen-komponen kompresor biogas
Sumber Kompresor 1986 *biogas utilization handbook* hlm 55

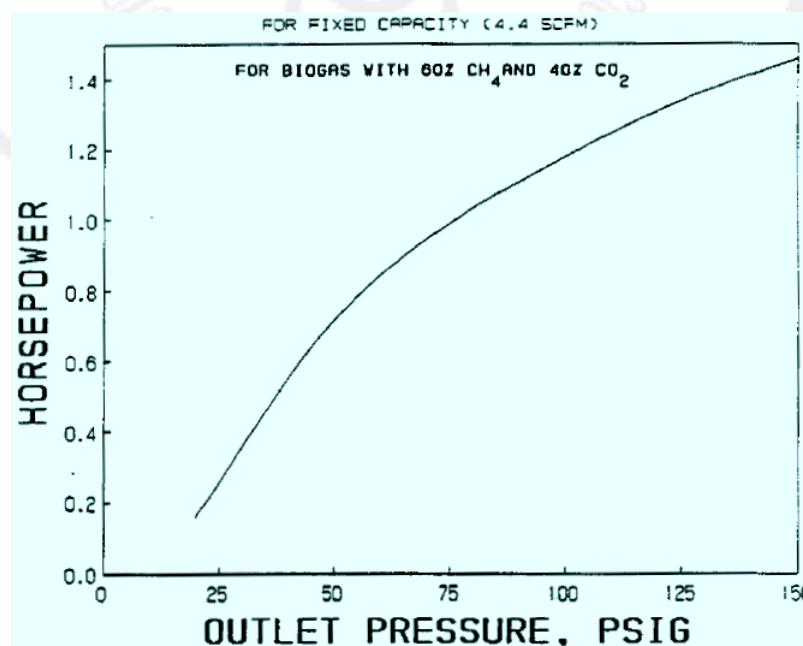
Untuk menentukan peralatan mana yang cocok untuk sistem, yang harus mempertimbangkan beberapa hal antara lain :

1. Setiap komponen yang kontak langsung dengan aliran biogas harus berbahan *stainless steel*, jika mungkin. Material lain seperti aluminium, besi baja campuran, dan baja karbon kualitas tinggi dapat digunakan dalam beberapa kasus karena tahan terhadap korosi dan harganya lebih murah.
2. Komponen seperti tembaga dan kuningan tidak dianjurkan jika kontak langsung dengan biogas.
3. Peralatan tambahan seperti *flame arester* dan *check calve* tidak selalu diperlukan namun untuk menjaga keamanan pada sistem sangat dianjurkan sekali.

4. Pelapisan khusus pada peralatan yang digunakan pada sistem biogas akan menjadikan lebih mahal dari *stainless steel*, tetapi harus dipastikan
5. bahwa pelapisan khusus tersebut menjamin perlindungan terhadap material dari korosi biogas.

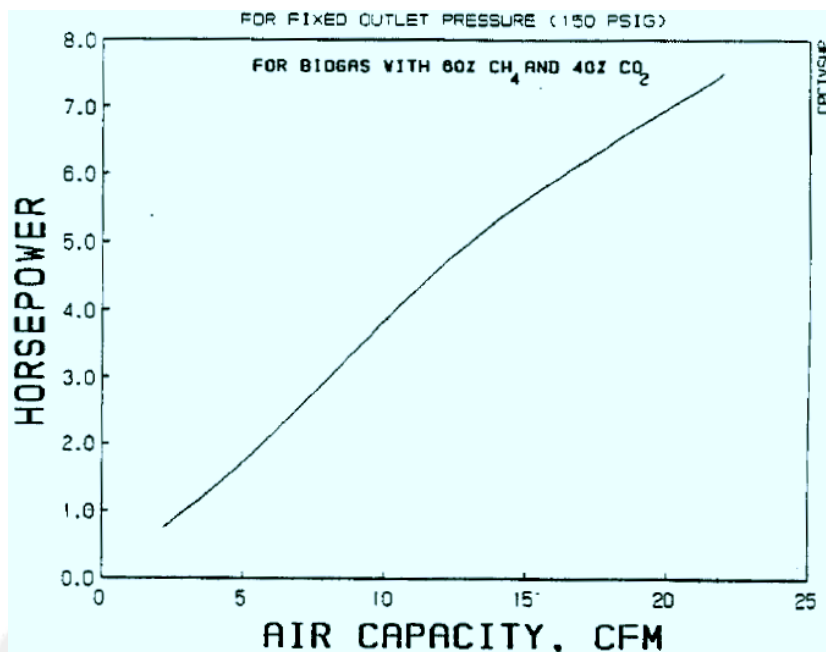
Energi yang diperlukan untuk mengkompresi biogas merupakan biaya operasi utama dari sebuah sistem biogas. Berdasarkan hal tersebut, perkiraan energi yang diperlukan menjadi sebuah komponen penting dari desain sistem. Perkiraan biasanya berdasarkan pada proses kompresi adiabatik (kompresi tanpa pendinginan) karena perhitungan perkiraan energi maksimum yang diperlukan untuk kompresi dalam sebuah kompresor tanpa gesekan.

Hubungan non-linear antara daya kuda yang diperlukan untuk mengkompresi biogas dan perbandingan kompresi (tekanan akhir dibagi tekanan awal) digambarkan pada gambar 2.4. Gambar 2.4 dihasilkan dengan menahan/mengendalikan kapasitas kompresor konstan sementara itu nilai perbandingan kompresi diijinkan berubah. Hubungan linear antara daya kuda yang diperlukan dengan kapasitas kompresor ketika perbandingan kompresi dijaga konstan ditunjukkan pada gambar 2.5. Secara umum daya kuda yang diperlukan adalah sebuah fungsi non linear karena kapasitas dan perbandingan kompresi keduanya mungkin sekali berubah dalam sistem aktual.



Gambar 2.4 Variasi daya kuda (horsepower)

Sumber : Heisler, 1981 *biogas utilization handbook* hlm 54



Gambar 2.5 Variasi daya kuda kompresor dengan kapasitas
Sumber : Heisler, 1981, *biogas utilization handbook* hal 54

Secara matematis, hubungan antara tekanan sistem, kapasitas kompresor, dan energi yang diperlukan untuk kompresi dalam kompresor adiabatik, tanpa gesekan (frictionless) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$W = \frac{k}{k-1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

(Sumber : Heisler, 1981, *biogas utilization handbook* hlm 53)

Dimana :

- W = kerja poros yang diperlukan untuk kompresi (*horse power*)
- k = perbandingan panas jenis (C_p/C_v) dari biogas = 1,3*
- R = konstanta gas untuk biogas (0,0729 Btu/lb.°R)*
- T₁ = temperatur awal (°F)
- T₂ = tekanan awal (psig)
- P₂ = tekanan akhir (psig)

Keterangan * = nilai untuk 60% metana (CH₄) dan 40% karbondioksida (CO₂)

Nilai “W” menyatakan jumlah energi yang diperlukan untuk mengkompresi biogas yang komposisinya diketahui secara adiabatik dan reversibel dari tekanan P₁ ke P₂. Bagaimanapun, kompresor tidak pernah

mempunyai efisiensi 100% karena gesekan dan perpindahan panas yang terjadi selama proses kompresi, sehingga energi aktual yang diperlukan akan lebih besar daripada yang dihitung dengan persamaan (2.4).

Energi yang diperlukan kompresor biasanya dinyatakan sebagai persentase energi yang tersedia dalam biogas. Akan tetapi, gambar 2.4 dan 2.5 tidak termasuk energi yang diperlukan untuk daya penggerak dari kompresor. Kompresi biogas secara adiabatik hanya memerlukan beberapa psi kurang dari 1% energi yang tersedia. Energi yang diperlukan naik hingga 3% dari energi yang tersedia ketika kompresi hingga 200 psi. Sekitar 8% energi yang dibangkitkan biogas diperlukan untuk mencapai tekanan 2000 psi atau lebih. Beberapa tenaga kuda (horse power) yang diperlukan untuk berbagai tekanan dan kapasitas kompresor digambarkan pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Daya kuda yang diperlukan untuk mengkompresi biogas
(kondisi inlet : P = 14,090 psia, T = 60°F, kapasitas = 4,375 cfm)

Tekanan Akhir (psia)	Horse power
19,8	0,17
50,0	0,72
75,0	0,98
100,0	1,17
125,0	1,33
150,0	1,46
175,0	1,57

Sumber : Heisler, 1981 *biogas utilization handbook* hlm 55

2.1.3 Penyimpanan Biogas

Ketika biogas dikompresi ke tekanan yang lebih tinggi, massa biogas ditekan menjadi volume yang lebih kecil. Ini menaikkan densitas energi dari gas dan mengurangi volume penyimpanan yang diperlukan. Volume penyimpanan yang diperlukan dan densitas energi untuk biogas yang telah dikompresi secara isothermal (temperatur konstan) dapat dilihat pada tabel 2.3. Dari tabel 2.3 dapat dilihat bahwa densitas energi lebih tinggi untuk biogas yang kandungan H₂S, CO₂ dan uap air dihilangkan atau 100% metana (CH₄). Semakin besar perbandingan

tekanan, maka semakin besar pula biaya yang diperlukan untuk mengkompresi biogas.

Tabel 2.3 Pengaruh tekanan terhadap densitas energi dan volume penyimpanan

Biogas 60% metana			
Perbandingan tekanan	Volume ^a (cft/cft)	Densitas energi ^b (Btu/scf)	Media penyimpanan
1	1	545	Digester
2,4	2,4	1310	<i>Floating roof or flexible bag</i>
7,8	7,8	4600	Tangki baja tekanan rendah
21,4	21,4	11450	Tangki baja tekanan sedang
69,0	72,0	3940	Tangki baja tekanan tinggi
205,1	250,0	136250	Tangki baja tekanan tinggi
Biogas 100% metana			
69,0	72,0	66000	Tangki baja tekanan tinggi
205,1	250,0	228000	Tangki baja tekanan tinggi

^a Volume gas pada temperatur dan tekanan standar, per satuan penyimpanan

^b Lower Heating Value (LHV)

Sumber : Pearson, 1979, *biogas utilization handbook* hlm 56

Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menentukan fasilitas penyimpanan yang diperlukan untuk sistem biogas adalah; keamanan, volume, tekanan, lokasi dan fluktuasi produksi biogas.

2.2. Kapasitas kompresor

Daya motor merupakan besarnya daya yang digunakan motor untuk menggerakkan kompresor. Besarnya daya motor ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Perpindahan torak

$$Q_{th} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S \cdot N \dots\dots\dots(2.5)$$

(Sularso, 1983. hlm. 187)

dimana :

Q_{th} = Perpindahan torak (m³/min)

D = Diameter silinder (m)

S = Panjang langkah torak (m)

N = Putaran (rpm)

2. Efisiensi volumetrik

$$\eta_v \approx \frac{Q_s}{Q_{th}} = 1 - \varepsilon \left\{ \left(\frac{p_d}{p_s} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right\} \dots\dots\dots(2.6)$$

(Sularso, 1983.hlm.189)

dimana :

 η_v = Efisiensi volumetrik Q_s = Volume gas yang dihasilkan (m³/min) Q_{th} = Perpindahan torak (m³/min) ε = Volume sisa (*clearance*) relatif

$$\varepsilon = \frac{v_c}{v_s}$$

 n = Koefisien ekspansi gas yang tertinggal di dalam volume sisa(untuk biogas $n = 1,2$) p_d = Tekanan keluar dari silinder (psi) p_s = Tekanan isap (psi) v_c = Volume sisa (*clearance*) (m³) v_s = Volume langkah torak (m³)

3. Volume gas yang dihasilkan

$$Q_s = \eta_v \cdot Q_{th} \dots\dots\dots(2.7)$$

(Sularso, 1983.hlm.189)

dimana :

 Q_s = Volume gas yang dihasilkan (m³/min) η_v = Efisiensi volumetrik Q_{th} = Perpindahan torak (m³/min)

2.3. Puli dan Sabuk

2.3.1 Puli

Puli merupakan salah satu elemen dalam mesin yang berfungsi sebagai alat yang meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain dengan menggunakan sabuk. Puli menurut bahan pembuatannya dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Puli baja cor (*Cast Steel Pulley*)

Adalah puli yang terbuat dari lembaran baja yang dipres yang mempunyai kekuatan yang besar seta bersifat tahan lama. Puli ini memiliki berat yang lebih ringan 40-60 % jika dibandingkan dengan berat dari puli besi cor (*cast iron*) yang mempunyai kapasitas yang sama dan digerakan dengan kecepatan yang sama.

2. Puli dari kayu (*Wooden Pulley*)

Puli dari kayu mempunyai berat yang lebih ringan dan mempunyai koefisien gesek yang tinggi daripada puli yang terbuat dari *cast iron*. Puli ini beratnya $\frac{2}{3}$ lebih ringan dari berat puli *cast iron* yang memiliki ukuran yang sama

3. Puli besi cor (*Cast Iron Pulley*)

Puli secara umum terbuat dari *cast iron*, karena harganya yang lebih murah. Puli yang digunakan pada motor dan kompresor ini adalah terbuat dari *cast iron*.

2.3.2 Sabuk

Sabuk berfungsi sebagai alat yang meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain melalui dua puli dengan kecepatan rotasi sama maupun berbeda.

1. Tipe sabuk

- a. Sabuk rata (*Flat belt*)

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya yang sedang, jarak puli yang jauh dan tidak boleh lebih dari 10 meter.

- b. Sabuk V (*V-belt*)

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya dalam jumlah yang besar dan dengan jarak yang dekat antara satu puli dengan yang lainnya.

- c. Sabuk Bulat (*Circular belt*)

Sabuk yang digunakan untuk mentransmisikan daya dalam jumlah besar dan jarak puli satu dengan puli yang lain tidak boleh lebih dari 5 meter.

2. Bahan sabuk

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sabuk harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :

- a. Kuat
- b. Fleksibel
- c. Tahan lama
- d. Koefisien gesek tinggi

Berdasarkan hal tersebut , maka sabuk dapat dibedakan sebagai berikut

1. Sabuk kulit (*Leather belt*)
2. Sabuk katun atau fiber (*Catton or Fabrics belt*)
3. Sabuk karet (*Rubber belt*)

2.3.3 Perencanaan Puli dan Sabuk

1. Perbandingan kecepatan

Perbandingan antara kecepatan puli penggerak dengan puli pengikut ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2} \dots\dots\dots(2.8)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 661

Dimana :

D_1 = Diameter puli penggerak (mm)

D_2 = Diameter puli pengikut (mm)

N_1 = Kecepatan puli penggerak (rpm)

N_2 = Kecepatan puli pengikut (rpm)

2. Kecepatan Linier Sabuk

Kecepatan linier sabuk dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$v = \frac{\pi.d.N}{60} \dots\dots\dots(2.9)$$

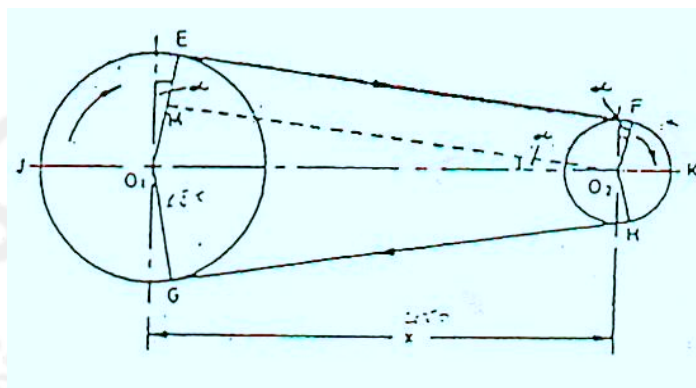
(R.S Khurmi, 2002) hlm. 662

Dimana :

- v = Kecepatan linier sabuk (m/s)
- d = Diameter puli pengikut (mm)
- N = Putaran puli pengikut (rpm)

3. Panjang Sabuk

Panjang sabuk adalah panjang total dari sabuk yang digunakan untuk menghubungkan puli penggerak dengan puli pengikut. Dalam perancangan ini digunakan sabuk terbuka.



Gambar 2.6. Panjang sabuk dan sudut kontak pada sabuk terbuka

Persamaan panjang total sabuk terbuka dapat ditulis sebagai berikut:

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2x + \left(\frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm.661

dimana :

- L = Panjang total sabuk (mm)
- x = Jarak titik pusat puli penggerak dengan puli pengikut (m)
- r_1 = Jari-jari puli kecil (mm)
- r_2 = jari-jari puli besar (mm)

4. Perbandingan tegangan pada sisi kancang dan sisi kendor

Persamaan perbandingan tegangan antara sisi kancang dengan sisi kendor dapat ditulis sebagai berikut:

$$2,3 \log \frac{T_1}{T_2} = \mu \cdot \theta \cdot \cos \epsilon \beta \dots\dots\dots(2.11)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm.661

dimana :

T_1 = Tegangan sisi kencang (*tight side*) sabuk (N)

T_2 = Tegangan sisi kendur (*slack side*) sabuk (N)

μ = Koefisien gesek

θ = Sudut kontak (rad)

β = sudut alur puli ($^{\circ}$)

5. Sudut kerja puli (α)

Persamaan sudut kerja puli dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sin \alpha = \frac{r_2 - r_1}{X} \quad (\text{untuk sabuk terbuka}) \dots \dots \dots (2.12)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm.661

Sudut kontak puli:

$$\theta = (180 - 2\alpha) \cdot \frac{\pi}{180} \text{ rad (untuk sabuk tertutup)} \dots \dots \dots (2.13)$$

6. Kecepatan sabuk (v)

Besarnya kecepatan sabuk dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60} \dots \dots \dots (2.14)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 661

dimana :

v = Kecepatan sabuk (m/dt)

d = Diameter sabuk (mm)

N = Putaran sabuk (rpm)

7. Daya yang ditransmisikan oleh sabuk

Persamaan daya yang dipindahkan oleh sabuk dapat ditulis dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = (T_1 - T_2) \times v \times n \dots \dots \dots (2.15)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 662

dimana :

P = Daya yang dipindahkan oleh sabuk (W)

T_1 = Tegangan sisi kencang (*tight side*) sabuk (N)

- T_2 = Tegangan sisi kendur (*slack side*) sabuk (N)
 v = Kecepatan sabuk (m/dt)
 n = Jumlah sabuk

2.4. Perencanaan Pasak

Pasak merupakan bagian dari elemen mesin yang dipakai untuk menetapkan bagian-bagian mesin seperti roda gigi, sprocket, puli, kopling, dll pada poros.

Pasak terdiri beberapa bentuk antara lain :

1. Pasak setengah lingkaran
2. Pasak bulat
3. Pasak persegi panjang

Mencari lebar pasak :

$$W = \frac{d}{4} \dots\dots\dots(2.16)$$

Mencari tebal pasak

$$t = \frac{2}{3} \cdot W \dots\dots\dots(2.17)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 420

Pengecekan terhadap tegangan geser pada pasak

$$T = l \cdot W \cdot \tau_s \cdot \frac{d}{2} \dots\dots\dots(2.18)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 426

dimana :

W = lebar pasak (*mm*)

d = diameter poros (*mm*)

l = panjang pasak (*mm*)

t = tebal pasak (*mm*)

τ_s = tegangan geser (N/mm^2)

T = torsi poros ($N.mm$)

2.5. Proses Pengelasan

Dalam proses pengelasan rangka, jenis las yang digunakan adalah las listrik dengan mempertimbangkan jenis dan ketebalan besi dan untuk mendapatkan sambungan las yang kuat.

2.4.1 Proses las listrik

Dalam las listrik panas yang digunakan untuk mencairkan logam diperoleh dari busur listrik yang timbul antara benda kerja yang dilas dengan kawat logam yang disebut elektroda. Elektroda ini terpasang pada pegangan atau *holder* las dan didekatkan pada benda kerja hingga busur listrik terjadi atau timbul panas antara ujung elektroda dan benda kerja yang dapat mencairkan logam.

1. Mengatur busur las

Pada pesawat las AC busur dinyalakan dengan menggosokkan elektroda pada benda kerja, sedang pada pesawat las DC busur dinyalakan dengan menyentuh elektroda dari atas ke bawah pada benda kerja. Agar hasil yang baik maka harus diatur jarak panjang busur las. Bila diameter elektroda = d dan panjang busur, yaitu jarak elektroda dengan benda kerja = L , maka pengelasan harus diatur supaya $L = d$ sehingga diperoleh alur rigi-rigi yang baik dan halus. Bila $L > d$ maka alur rigi-rigi las kasar, penetrasi dangkal dan percikan kerak keluar dari jalur las. Dan bila $L < d$, maka biasanya terjadi pembekuan pada ujung elektroda dan benda kerja, alur rigi tidak merata, penetrasi kurang dan percikan kerak kasar dan berbentuk bola.

2. Mengatur gerak elektroda

Gerak elektroda dapat diatur sebagai berikut:

a. Gerak ayunan turun sepanjang sumbu elektroda.

Gerakan arah turun sepanjang sumbu elektroda dilakukan untuk mengatur jarak busur las ke benda kerja supaya panjang busur las sama dengan diameter elektroda

b. Gerak ayunan dari elektroda untuk mengatur kampuh las

Gerakan ayunan elektroda dilakukan untuk mengatur lebar las yang dikendaki atau kampuh las.

2.4.2 Jenis Sambungan Las

Ada beberapa jenis sambungan las, yaitu:

1. *Butt join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang sama.
2. *Lap join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang yang paralel.
3. *Edge join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas berada pada bidang paralel, tetapi sambungan las dilakukan pada ujungnya.
4. *T- join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.
5. *Corner join*
Yaitu dimana kedua benda kerja yang dilas tegak lurus satu sama lain.

2.4.3 Memilih besarnya arus

Besarnya arus listrik untuk pengelasan tergantung pada diameter elektroda dan jenis elektroda. Tipe atau jenis elektroda tersebut misalnya: E 6010, huruf E tersebut singkatan dari elektroda, 60 menyatakan kekuatan tarik deposit las dalam 60.000 lb/in², 1 menyatakan posisi pengelasan segala posisi dan angka 2 untuk pengelasan datar dan horisontal. Angka keempat adalah menyatakan jenis selaput elektroda dan jenis arus yang sesuai.

Besar arus listrik harus sesuai dengan elektroda, bila arus listrik terlalu kecil, maka:

- a. Pengelasan sukar dilaksanakan
- b. Busur listrik tidak stabil
- c. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan benda kerja
- d. Hasil pengelasan atau rigi-rigi las tidak rata dan penetrasi kurang dalam.

Apabila arus listrik yang dihasilkan terlalu besar maka akan mengakibatkan :

- a. Elektroda mencair terlalu cepat
- b. Pengelasan atau rigi las menjadi lebih besar permukaannya dan penetrasi

terlalu dalam.

2.4.4 Kekuatan las

Berdasarkan kekuatannya, maka sambungan las dapat dibedakan menjadi kekuatan las kampuh (*butt joint*) dan las sudut (*fillet weld*).

1. Las kampuh (*butt joint*)

Tegangan tarik dapat dirumuskan :

$$\sigma = \frac{F}{h.l} \dots\dots\dots(2.19)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 310

dimana :

σ = tegangan tarik (N/mm^2)

F = gaya tarik (N)

h = tinggi las atau *throat* (mm)

l = panjang las (mm)

2. Las sudut (*fillet weld*)

a. Fillet tunggal

$$\tau = \frac{F}{0,707.h.l} \dots\dots\dots(2.20)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 310

dimana :

τ = tegangan geser (N/mm^2)

F = gaya geser (N)

H = tinggi leher las (mm)

L = panjang las (mm)

b. Fillet ganda

$$\tau = \frac{F}{1,414.h.l} \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana :

τ = tegangan geser (N/mm^2)

F = gaya geser (N)

h = tinggi leher las (mm)

l = panjang las (mm)

2.6. Pemilihan Mur dan Baut

Bentuk ulir dapat terjadi bila sebuah lembaran berbentuk segitiga digulung pada sebuah silinder. Dalam pemakaian, ulir selalu bekerja dalam pasangan antara ulir dalam dan ulir luar. Ulir pengikat umumnya mempunyai profil penampang berbentuk segitiga sama kaki. Jarak antara satu puncak dengan puncak berikutnya dari profil ulir disebut jarak bagi.

Ulir disebut tunggal atau satu jalan bila hanya ada satu jalur yang melilit silinder dan disebut dua atau tiga jalan bila ada dua atau tiga jalur. Jarak antara puncak-puncak yang berbeda satu putaran jalur disebut kisar. Jadi kisar pada ulir tunggal sama dengan jarak baginya, sedang untuk ulir ganda dan tripel, besarnya kisar sama dengan dua kali dan tiga kali jarak baginya.

Mencari tegangan tarik ijin (σ_t) dengan rumus

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{sf} \dots\dots\dots(2.22)$$

(Sularso,1997) hlm.120

dimana :

σ_t = tegangan tarik ijin (N/mm^2)

σ = tegangan tarik bahan (N/mm^2)

sf = faktor keamanan

1. Beban geser langsung yang diterima baut

$$W_s = \frac{W}{n} \dots\dots\dots(2.23)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 363

dimana :

W_s = baut yang menerima beban geser langsung (N)

W = beban (N)

n = jumlah baut

2. Beban tarik yang terjadi akibat putaran motor, beban tarik maksimal terjadi pada baut 3 dan 4.

$$W_t = \frac{W.L.L_2}{2(L_1^2 + L_2^2)} \dots\dots\dots(2.24)$$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 364

dimana :

W_t = Beban tarik yang terjadi akibat tarikan sabuk motor (N)

W = beban (N)

L = jarak beban terhadap tepi (mm)

L_2 = jarak antar sumbu baut (mm)

L_1 = jarak sumbu baut terhadap tepi(mm)

3. Beban tarik dan geser ekivalen yang diterima baut

Beban tarik ekivalen $W_{te} = \frac{1}{2} [W_t + \sqrt{W_t^2 + 4W_s^2}] \dots\dots\dots(2.25)$

Beban geser ekivalen $W_{se} = \frac{1}{2} [\sqrt{W_t^2 + 4W_s^2}] \dots\dots\dots(2.26)$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 365

4. Tegangan tarik (σ_{baut}) dan geser (τ_{baut}) yang terjadi pada baut

a. Tegangan tarik $\sigma_{baut} = \frac{W_{te}}{\frac{\pi}{4}.d_2^2} \dots\dots\dots(2.27)$

b. Tegangan geser $\tau_{baut} = \frac{W_{se}}{\frac{\pi}{4}.d_2^2} \dots\dots\dots(2.28)$

(R.S Khurmi, 2002) hlm. 365

2.7. Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang statika dari suatu beban terhadap gaya-gaya dan juga beban yang mungkin ada pada bahan tersebut. Dalam ilmu statika keberadaan gaya-gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu obyek tinjauan utama. Sedangkan dalam perhitungan kekuatan rangka, gaya-gaya yang diperhitungkan adalah gaya luar dan gaya dalam.

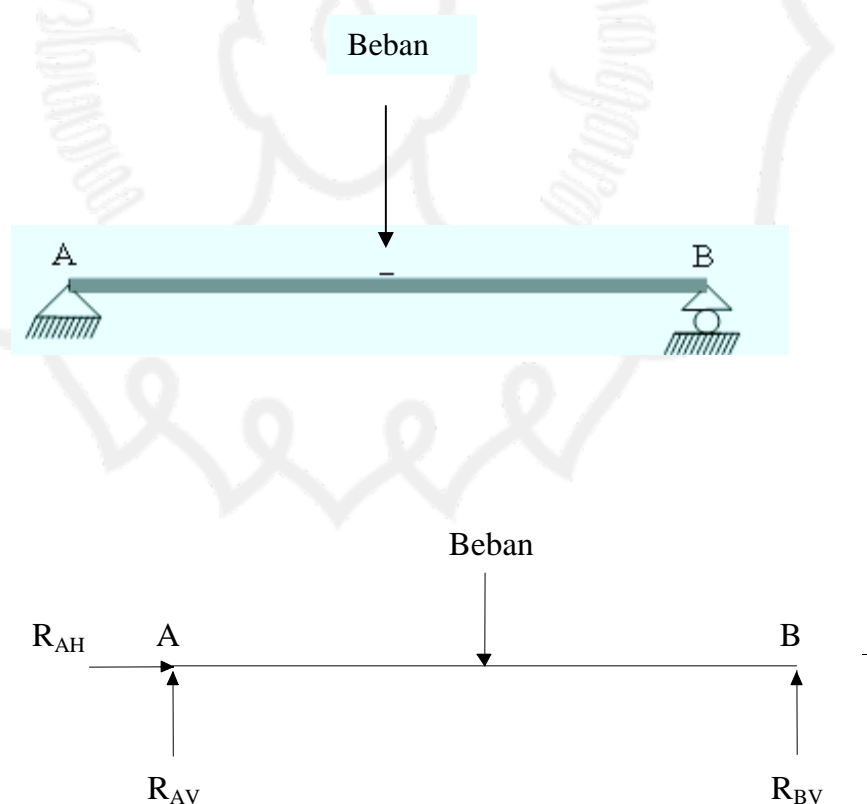
2.7.1 Gaya luar

Adalah gaya yang diakibatkan oleh beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Gaya luar dapat berupa gaya vertikal, horisontal dan momen puntir. Pada persamaan statis tertentu untuk menghitung besarnya gaya yang bekerja harus memenuhi syarat dari kesetimbangan :

$$\Sigma F_x = 0 \dots\dots\dots(2.29)$$

$$\Sigma F_y = 0 \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\Sigma M = 0 \dots\dots\dots(2.31)$$

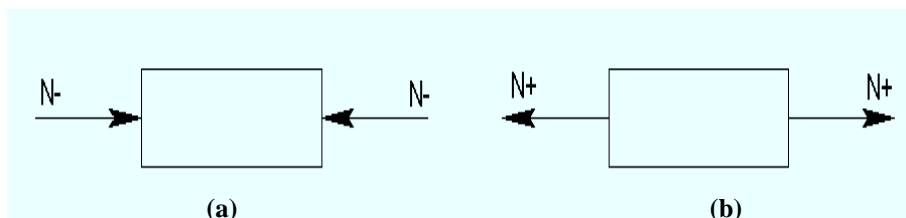


Gambar 2.7 Diagram pembebanan dan gaya bebas statika kesetimbangan

2.7.2 Gaya dalam

Gaya dalam adalah gaya yang bekerja di dalam konstruksi sebagai reaksi terhadap gaya luar. Gaya dalam dapat dibedakan menjadi :

- a. Gaya normal (*normal force*) adalah gaya yang bekerja sejajar sumbu batang.



Gambar 2.8 Tanda gaya normal

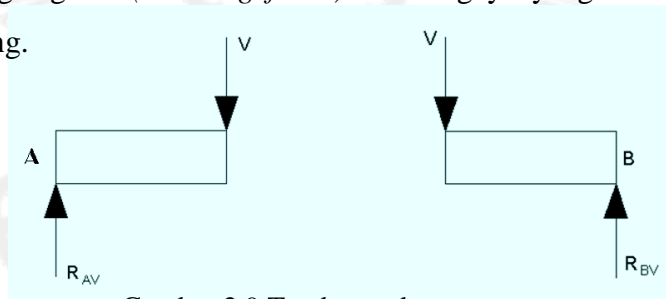
Rumus tegangan normal:

$$\sigma = \frac{N}{A} \quad (kg/cm^2) \dots \dots \dots (2.32)$$

dimana:

- σ = tegangan normal (kg/cm^2)
- N = gaya normal (kg)
- A = luas penampang (cm^2)

- b. Gaya lintang / geser (*shearing force*) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.



Gambar 2.9 Tanda untuk gaya geser

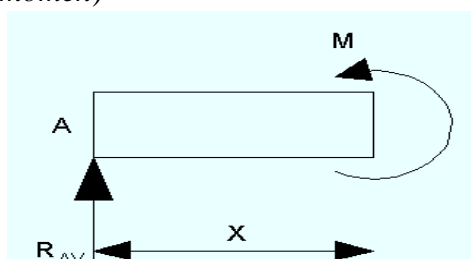
Rumus tegangan tarik :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (kg/cm^2) \dots \dots \dots (2.33)$$

dimana:

- τ = tegangan tarik (kg/m^2)
- P = gaya normal (kg)
- A = luas penampang (m^2)

- c. Momen lentur (*bending momen*)



Gambar 2.10 Tanda untuk momen lentur

Mencari lenturan maksimum:

$$\sigma_y = \frac{M_x \cdot y}{I_z} \quad (\text{N/m}) \quad \dots\dots\dots(2.34)$$

dimana :

σ_y = tegangan lentur (tarik/desak) (N/m = Pa)

y = jarak sumbu netral ke titik tempat tegangan yang dituju (m)

M = momen lentur pada tampang yang dituju (N.m)

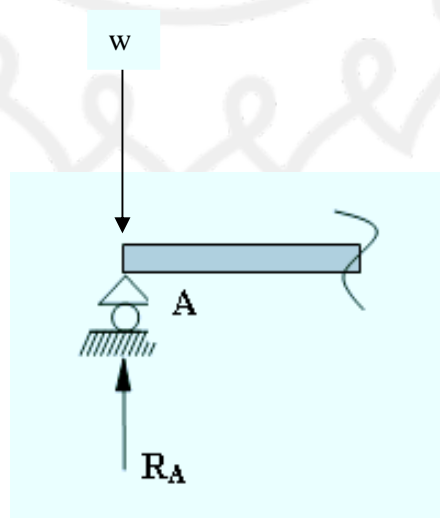
I_z = momen inersia irisan balok terhadap sumbu netral (m⁴)

2.7.3 Tumpuan

Dalam ilmu statika tumpuan dibagi atas :

- a. Tumpuan roll.

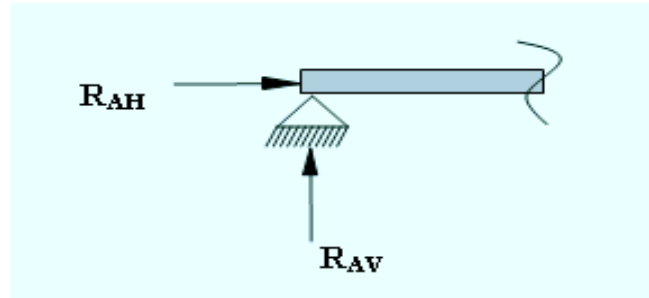
Tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu.



Gambar 2.11. Tumpuan roll

b. Tumpuan sendi.

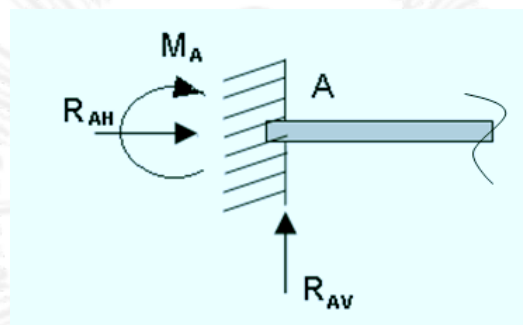
Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah yang tegak lurus terhadap sumbu jepitnya.



Gambar 2.12. Tumpuan sendi

c. Tumpuan jepit.

Tumpuan ini dapat menahan gaya dalam segala arah dan dapat menahan momen.



Gambar 2.13. Reaksi tumpuan jepit

2.7.4. Diagram gaya dalam

Diagram gaya dalam adalah diagram yang menggambarkan besarnya gaya dalam yang terjadi pada suatu konstruksi. Macam-macam diagram gaya dalam itu sendiri adalah sebagai berikut :

a. *Diagram gaya normal (NFD)*

Yaitu diagram yang menggambarkan besarnya gaya normal yang terjadi pada suatu konstruksi.

b. *Diagram gaya geser (SFD)*

Yaitu diagram yang menggambarkan besarnya gaya geser yang terjadi pada suatu konstruksi.

c. *Diagram moment (BMD)*

Yaitu diagram yang menggambarkan besarnya momen lentur yang terjadi pada suatu konstruksi.

2.8. Kelistrikan

Relay adalah sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya. *Relay* terdiri dari 3 bagian utama, yaitu :

- a. Koil : lilitan dari *relay*
- b. Comman : bagian yang tersambung dengan NC (dalam keadaan normal)
- c. Kontak : terdiri dari NC dan NO

Dalam *relay* terdapat sambungan NO (*normally open*) dan NC (*normally close*). NO adalah kondisi *relay* tidak dialiri arus listrik maka sambungan akan terputus, dan apabila *relay* dialiri listrik maka sambungan akan terhubung dengan comman. Sebaliknya NC dimana kondisi *relay* tidak dialiri listrik, maka sambungan akan terhubung dan apabila *relay* dialiri listrik maka sambungan justru akan terputus dengan comman.

Cara kerja komponen ini dimulai pada saat mengalirnya arus listrik melalui koil, lalu membuat medan magnet sekitarnya merubah posisi saklar sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Disinilah keutamaan komponen sederhana ini, yaitu dengan bentuknya yang minimal menghasilkan arus yang besar.

Komponen yang sederhana ini dalam perkembangan digunakan (pernah digunakan) dalam perangkat elektronik, lampu kendaraan bermotor, jaringan elektronik, televisi, maupun radio.

Keuntungan dari pemakaian *relay* adalah :

1. Dapat mengontrol sendiri arus serta tegangan listrik yang diinginkan.
2. Dapat memaksimalkan besarnya tegangan listrik hingga mencapai batas maksimalnya.
3. Dapat menggunakan saklar maupun koil lebih dari satu, disesuaikan dengan kebutuhan.

Besar kecilnya ukuran fisik *relay*, biasanya berhubungan juga dengan kapasitas arus yang dapat ditangani oleh *contact-point relay*. Jika arus yang

disalurkan melebihi kapasitas kemampuan *relay* maka *contact point* akan panas dan cepat aus. Jika *contact point* aus, maka kualitas konduktor untuk menyalurkan arus listrik menjadi terganggu.

2.8 Pelapisan Rangka

Setelah selesai melakukan pengelasan, kemudian dilakukan pelapisan terhadap rangka. Hal ini bertujuan agar rangka tersebut dapat terlindungi dari proses korosi yang dapat menyebabkan rangka menjadi rapuh dan keropos. Disamping itu juga dapat memperindah tampilan rangka. Adapun langkah-langkah dari pengecatan, adalah sebagai berikut:

1. Pembersihan

Sebelum dilakukan pengecatan sebaiknya rangka tersebut dibersihkan dari kotoran-kotoran atau karat yang melekat pada rangka dengan menggunakan amplas, kemudian dilap atau dibersihkan hingga bersih.

2. Pengecatan

Setelah seluruh rangka bersih dari kotoran-kotoran atau karat, kemudian dilakukan pengecatan. Bahan yang digunakan untuk pengecatan yaitu: cat besi dan *tinner*, sedangkan alat yang digunakan yaitu kompresor.

Langkah – langkah pengecatan antara lain:

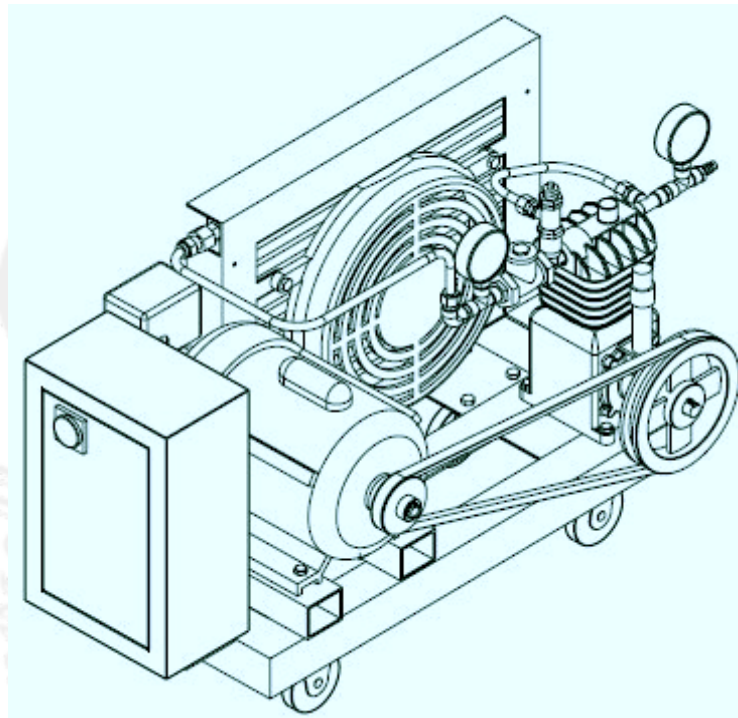
- Cat dan *tinner* dicampur dengan perbandingan 1 : 1 hingga tercampur seluruhnya, kemudian tuangkan ke dalam *spray gun* yang dihubungkan langsung dengan kompresor
- Setelah kompresor dihidupkan, semprotkan cat tersebut pada rangka dengan tipis – tipis dan secara merata.

Setelah selesai semua atau sudah rata, tunggu 15 menit untuk dilakukan pengecatan ulang, kemudian keringkan.

BAB III

ANALISA DAN PERHITUNGAN

3.1. Prinsip kerja



Gambar 3.1 Sketsa Mesin Kompresi Biogas

Mesin rekayasa kompresi biogas adalah mesin dengan gerak utama berputar. Gaya putar ini disebabkan karena putaran dari motor listrik. Motor listrik dipasang pada kerangka dan diberi puli kecil, kemudian dipasangkan belt yang berhubungan dengan puli besar pada kompresor. Ketika mesin dinyalakan maka akan memutar poros engkol yang terdapat pada kompresor, poros engkol terhubung dengan connecting rod dan torak sehingga gerak berputar dari poros engkol berubah menjadi gerak prismatik (maju-mundur). Langkah 1 ketika torak bergerak kebawah (mundur), tekanan didalam silinder didalam torak akan menjadi negative (lebih kecil dari tekanan biogas) sehingga biogas akan masuk melalui celah katup isap. Kemudian jika torak bergerak ke atas (maju), Katub isap akan menutup, volume biogas yang terkurung didalam silinder akan mengecil sehingga tekanan akan naik. Ketika torak akan mencapai titik mati atas maka katup buang

akan terbuka sehingga biogas bertekanan akan mengalir melewati katup satu arah yang bertujuan agar biogas tidak mengalir balik kemudian biogas didinginkan melalui kondensor kemudian biogas masuk kedalam tabung.

Bagian bagian utama dari rekayasa mesin kompresi biogas antara lain

1. elemen yang berputar : puli, poros transmisi , sabuk, kipas kondensor
2. elemen yang diam : kondensor , *safety valve*, *one way valve*, sambungan-sambungan pipa
3. penggerak : motor listrik
4. bagian pendukung : rangka, roda, kotak panel, *termocontroler*, *pressure switch*

cara pengoperasian mesin kompresi biogas antara lain

1. menghubungkan steker pada stop kontak.
2. menghubungkan selang pada saluran gas di *digester*.
3. memasang regulator pada tabung kemudian memutar pengunci pada regulator.
4. membuka kran pada regulator.
5. menekan tombol on untuk menyalakan mesin.
6. setelah pada tekanan 100 psi maka mesin akan mati.
7. menutup kran pada saluran.
8. melepas regulator dari tabung.

3.2. Daya yang dibutuhkan untuk kompresi

Jenis kompresor yang digunakan adalah kompresor torak dengan spesifikasi sebagai berikut :

Diameter silinder (D)	: 51 mm
Panjang langkah torak (S)	: 39 mm
Putaran kompresor (N)	: 615 rpm

Rasio kompresi : 1 : 7

1. perpindahan torak

$$Q_{th} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot S \cdot N$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 0,051^2 \cdot 0,039 \cdot 615$$

$$= 0,048 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

2. Efisiensi volumetrik

$$\eta_v = \frac{Q_s}{Q_{th}} = 1 - \varepsilon \left\{ \left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right\}, \quad \varepsilon = \frac{2,0418 \cdot 10^{-6}}{7,963 \cdot 10^{-5}} = 0,0256$$

$$= 1 - 0,0256 \left\{ \left(\frac{102,8}{14,69} \right)^{\frac{1}{1,2}} - 1 \right\}$$

$$\eta_v = 0,896$$

3. jumlah volume gas yang dihasilkan

$$Q_s = \eta_v \cdot Q_{th}$$

$$= 0,896 \cdot 0,048 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

$$= 0,043 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

4. Daya motor yang diperlukan untuk kompresi

$$\text{Diketahui - volume gas} = 0,043 \text{ m}^3 / \text{menit} \times 35,31467 \text{ ft}^3 / \text{menit}$$

$$= 1,52 \text{ ft}^3 / \text{menit}$$

- tekanan akhir kompresor = 102,872 PSIA

Pada tabel 2.2 halaman 12 diketahui:

- Final pressure : 125 PSIA
- Horsepower : 1,33 HP

- Kapasitas : $4,375 \text{ ft}^3/\text{menit}$

Maka kita gunakan perbandingan

$$\begin{aligned} \text{Daya motor} &= \frac{1,52 \text{ ft}^3 / \text{mnt}}{4,375 \text{ ft}^3 / \text{mnt}} \times 1,33 \text{ Hp} \\ &= 0,46 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor pada tekanan tetap adalah $0,46 \text{ HP}$. Maka daya motor listrik yang digunakan adalah 1 HP , karena terdapat energi yang terbuang.

3.3. Perencanaan puli dan sabuk

Berdasarkan tabel lampiran 2 tentang sabuk, untuk daya 1 HP digunakan sabuk V dengan tipe A yang terbuat dari bahan karet. Diketahui untuk sabuk V tipe A bahan dari karet, daya yang mampu ditransmisikan sebesar $0,7-3,5 \text{ kw}$ dan puli dari bahan besi cor (*cast iron*) besar koefisien gesek (μ) = $0,3$, berat sabuk per meter panjang = $1,14 \text{ gr/cm}^3$, sudut kontak puli $2\beta = 38^\circ$

Diketahui spesifikasi transmisi pada kompresor dan motor sebagai berikut :

1. Putaran motor (N_1) = 1420 rpm
2. Putaran kompresor (N_2) = 615 rpm
3. Diameter puli yang digerakan (D_2) = 150 mm
4. Panjang sumbu motor dan kompresor (x) = $41,5 \text{ mm}$

Analisa perhitungan

1. Diameter puli penggerak

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

$$\frac{615}{1420} = \frac{D_1}{150}$$

$$D_1 = \frac{615 \times 150}{1420}$$

$$D_1 = 65 \text{ mm}$$

2. Panjang sabuk yang digunakan

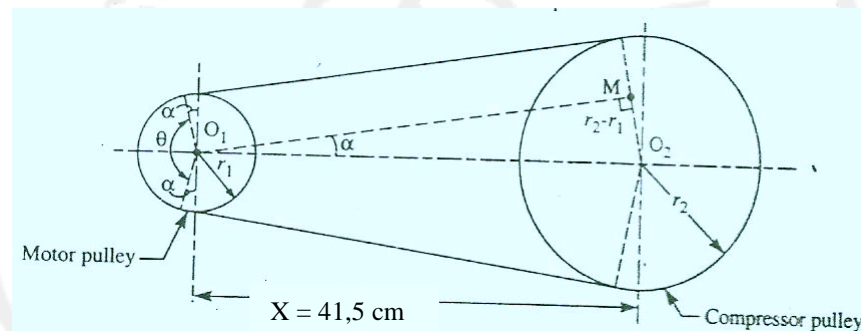
$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2x + \left(\frac{(r_1 - r_2)^2}{x} \right)$$

$$= 3,14(0,0325 + 0,075) + 2 \cdot 0,415 + \left(\frac{(0,0325 + 0,075)^2}{0,415} \right)$$

$$= 1,12 \text{ m}$$

$$= 44 \text{ inch}$$

3. Sudut kontak (θ) yang terjadi pada sabuk antara puli motor dan puli kompresor



Gambar 3.2 sabuk dan puli

Untuk sabuk terbuka, sudut singgung yang terjadi antara sabuk dan puli

$$\sin \alpha = \frac{r_2 - r_1}{x}$$

$$= \frac{75 - 32,5}{415}$$

$$\alpha = 5,87^\circ$$

$$\theta = (180 - 2 \cdot \alpha) \frac{\pi}{180} = (180 - 11,8) \frac{3,14}{180}$$

$$= (168,2) \cdot 0,01744$$

$$= 2,9 \text{ rad}$$

4. Perbandingan tegangan antara sisi kancang dan sisi kendor

Diasumsikan sudut kontak pulley $2\beta = 38^\circ$ atau $\beta = 19^\circ$ (lampiran 1)

$$2,3 \log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = \frac{\mu \cdot \theta}{\sin \beta}$$

$$2,3 \log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = \frac{0,3 \cdot 2,9}{\sin 19}$$

$$2,3 \log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = 2,53$$

$$\log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = \frac{2,53}{2,3}$$

$$\log \left(\frac{T_1}{T_2} \right) = 1,1$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2} \right) = 12,6$$

5. Kecepatan sabuk

$$v = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N_1}{60}$$

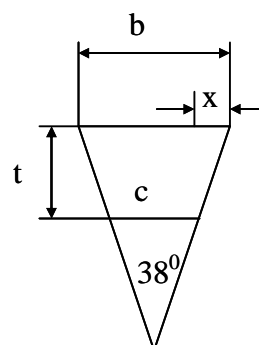
$$= \frac{\pi \cdot 0,065 \cdot 1420}{60}$$

$$= 4,8 \text{ m/s}$$

6. Luas penampang sabuk

$$\tan 19^\circ = \frac{x}{t}$$

$$x = 8 \times 0,34$$



$$= 2,75 \text{ mm}$$

$$c = b - 2x$$

$$= 13 - 2 \cdot 2,75$$

$$= 7,5 \text{ mm}$$

$$A = \frac{b+c}{2} \times t$$

$$= \frac{13+7,5}{2} \times 8$$

$$= 82 \text{ mm}^2$$

$$= 0,82 \text{ cm}^2$$

7. Massa per meter panjang sabuk (m)

$$m = \text{Area} \times \text{Panjang} \times \text{Densitas}$$

$$= 0,82 \text{ cm}^2 \times 100 \text{ cm} \times 1,14 \text{ gr/cm}^3$$

$$= 93,48 \text{ gr}$$

$$= 0,09 \text{ kg}$$

8. Gaya tarik sentrifugal (T_c)

$$T_c = m \times V^2$$

$$= 0,09 \text{ kg} \times (4,8 \text{ m/s})^2$$

$$= 2,07 \text{ N}$$

9. Gaya tarik maksimum pada sabuk (T)

$$T = \sigma_t \cdot A$$

$$= 300 \text{ N/cm}^2 \times 0,82 \text{ cm}^2$$

$$= 246 \text{ N}$$

10. Gaya tarik pada sisi kencang (T_1) dan pada sisi kendur (T_2)

$$T_1 = T - T_c$$

$$= 246 N - 2,07N$$

$$= 243,53 N$$

$$\left(\frac{T_1}{T_2} \right) = 12,6$$

$$\left(\frac{243,53}{T_2} \right) = 12,6$$

$$T_2 = 19,32 N$$

11. Daya yang mampu ditransmisikan sabuk

$$\begin{aligned} P &= (T_1 - T_2) v \cdot n \\ &= (243,53N - 19,32N) 4,8 \text{ m/s} \cdot 1 \\ &= 1076,2 \text{ watt} \\ &= 1,4 \text{ HP} \end{aligned}$$

3.4. Perhitungan Pasak

Pasak digunakan untuk menetapkan bagian mesin berupa puli yang terpasang pada poros. Bahan pasak terbuat dari ST 37 dari lampiran 1 kekuatan bahan diketahui kekuatan geser sebesar $\tau = 185 \text{ N/mm}^2$ dan kekuatan tarik sebesar $\sigma = 370 \text{ N/mm}^2$.

Diketahui : \emptyset poros = 20 mm

$$N = 1420 \text{ rpm}$$

$$P = 1 \text{ Hp}$$

$$1. \text{ lebar pasak } (w) = \frac{d}{4}$$

$$= \frac{20}{4}$$

$$= 5 \text{ mm}$$

$$2. \text{ Tinggi pasak } (t) = \frac{2}{3} \cdot W$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 5$$

$$= 3,34 \text{ (4) } mm$$

3. Torsi yang terjadi pada pasak

$$T = \frac{4500 \cdot P}{2\pi \cdot N}$$

$$= \frac{4500 \cdot 1}{2\pi \cdot 1420}$$

$$= 5000 \text{ N.mm}$$

4. Panjang pasak berdasarkan tegangan geser ijin bahan pasak

$$T = w \cdot l \cdot \frac{\tau}{Sf} \cdot \frac{d}{2}$$

$$5000 = 5 \cdot l \cdot 23,125 \cdot \frac{20}{2}$$

$$l = \frac{5000}{5 \cdot 23,125 \cdot \frac{20}{2}}$$

$$l = 4,3 \text{ mm}$$

5. Panjang pasak berdasarkan tegangan desak ijin bahan pasak

$$T = l \cdot \frac{t}{2} \cdot \frac{\sigma}{Sf} \cdot \frac{d}{2}$$

$$5000 = l \cdot \frac{4}{2} \cdot 46,25 \cdot \frac{20}{2}$$

$$l = \frac{5000}{925}$$

$$l = 5,4 \text{ mm}$$

Secara teoritis didapatkan panjang pasak adalah 0,68 mm (dipilih l yang paling besar), namun secara umum panjang pasak untuk ukuran $w = 5 \text{ mm}$ dan $t = 4 \text{ mm}$, dari lampiran 4 tentang dimensi pasak diperoleh panjang pasak $l = 20 \text{ mm}$.

6. Gaya di tumpu pasak

$$F = \frac{T}{r}$$

$$= \frac{5000}{5}$$

$$= 1000 \text{ N}$$

7. Tegangan geser pada pasak

$$\tau_s = \frac{F}{w.l}$$

$$= \frac{1000}{5.20}$$

$$= 10 \text{ N/mm}^2$$

8. Tegangan geser ijin pasak

$$\tau_t = \frac{\tau}{Sf}$$

$$= \frac{185}{8}$$

$$= 23,125 \text{ N/mm}^2$$

Jadi tegangan $\tau_s < \tau_t$ maka pasak aman digunakan.

3.5. Kekuatan las

Sambungan las pada rangka mesin kompresi biogas hanya ditinjau dari pengelasan pada dudukan roda, karena mendapat beban paling kritis. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan las sudut. Jenis elektroda yang digunakan E 60 13 dari lampiran 3 tentang spesifikasi elektroda diketahui :

E 60 = kekuatan tarik terendah setelah dilaskan adalah 60.000 *psi* atau 420 *N/mm*²

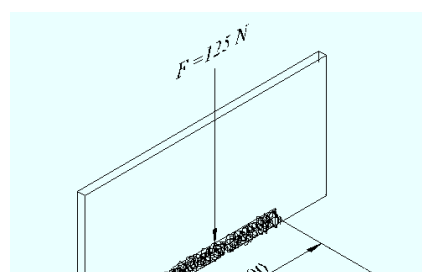
1 = posisi pengelasan mendatar, vertical atas kepala dan horizontal

3 = jenis listrik adalah DC polaritas balik (DC+) diameter elektroda 2,6 mm, arus 230 – 270 A, tegangan 27-29 V

Perhitungan las pada dudukan roda, beban total yang ditumpu = 500 N dibagi 4 titik pengelasan = 125 N

Diketahui: panjang las (l) = 100 mm

tinggi las (h) = 3 mm



Gambar 3.3 Sambungan Las Pada Dudukan Roda

1. tegangan tarik pada penampang las

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{125}{2(0,707 \cdot 3 \cdot 100)} \\ &= 0,35 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

2. Tegangan tarik ijin las

$$\begin{aligned}\sigma_t &= 0,5 \times \sigma_t \\ &= 0,5 \times 420 \text{ N/mm}^2 \\ &= 210 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\sigma_b < \sigma_t$ maka las aman

3.6. Perencanaan Mur dan Baut

Dalam perencanaan mesin kompresi biogas ini mur dan baut digunakan untuk merangkai beberapa elemen mesin diantaranya :

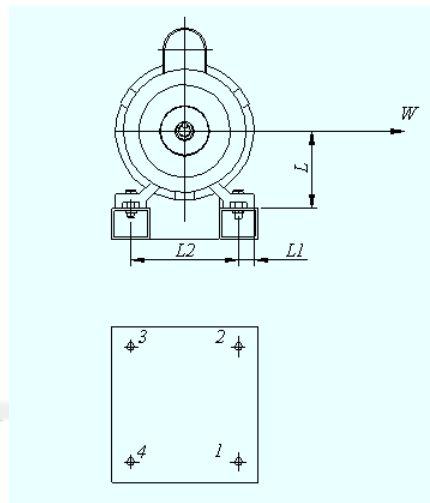
1. Baut pada dudukan rangka motor, untuk mengunci posisi motor.
2. Baut pada dudukan rangka kompresor, untuk mengunci posisi kompresor.

3.6.1. Baut pada dudukan motor

Baut yang digunakan adalah M12 sebanyak 4 buah, terbuat dari baja ST 37. Dari lampiran 6 tentang ukuran baut diketahui mengenai spesifikasi baut M12 antara lain sebagai berikut :

Diameter mayor (d)	= 12 mm
Diameter minor (d_2)	= 9,858 mm
Tegangan tarik (σ)	= 370 N/mm ²
Tegangan geser (τ)	= 185 N/mm ²
Faktor keamanan (sf)	= 8
W	= $T_1 + T_2$
	= 243,53N + 19,32N

$$= 262,85 \text{ N}$$



Gambar 3.4 Baut Pada Dudukan Motor

1. Tegangan tarik ijin (σ_t)

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{\sigma}{sf} \\ &= \frac{370 \text{ N/mm}^2}{8} \\ &= 46,25 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

2. Tegangan geser ijin (τ_t)

$$\begin{aligned}\tau_t &= \frac{\tau}{sf} \\ &= \frac{185 \text{ N/mm}^2}{8} \\ &= 23,12 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

3. Beban geser langsung yang diterima baut

$$\begin{aligned}W_s &= \frac{W}{n} \\ &= \frac{262,85 \text{ N}}{4} \\ &= 65,71 \text{ N}\end{aligned}$$

4. Beban tarik yang terjadi akibat gaya tarik sabuk, beban tarik maksimal terjadi pada baut 3 dan 4.

$$\begin{aligned}
 W_t &= \frac{W \cdot L \cdot L_2}{2(L_1^2 + L_2^2)} \\
 &= \frac{262,85 \cdot 10 \cdot 16}{2(2^2 + 16^2)} \\
 &= \frac{42056}{520} \\
 &= 80,8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

5. Diasumsikan beban tarik dan geser yang diterima baut ekuivalen

$$\begin{aligned}
 \text{b. Beban tarik ekuivalen } W_{te} &= \frac{1}{2} \left[W_t + \sqrt{W_t^2 + 4W_s^2} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[80,8 + \sqrt{80,8^2 + 4 \cdot 65,71^2} \right] \\
 &= 117,5 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{c. Beban geser ekuivalen } W_{se} &= \frac{1}{2} \left[\sqrt{W_t^2 + 4W_s^2} \right] \\
 &= \frac{1}{2} \left[\sqrt{80,8^2 + 4 \cdot 65,71^2} \right] \\
 &= 52,06 \text{ N}
 \end{aligned}$$

6. Tegangan tarik (σ_{baut}) geser (τ_{baut}) yang terjadi pada baut

$$\begin{aligned}
 \text{a. Tegangan tarik } \sigma_{baut} &= \frac{W_{te}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_2^2} \\
 &= \frac{117,5}{\frac{\pi}{4} \cdot 9,858^2} \\
 &= 1,5 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Tegangan tarik pada baut $\sigma_{baut} <$ tegangan tarik ijin σ_t maka baut aman

$$\begin{aligned}
 \text{b. Tegangan geser } \tau_{baut} &= \frac{W_{se}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_2^2} \\
 &= \frac{52,06}{\frac{\pi}{4} \cdot 12^2}
 \end{aligned}$$

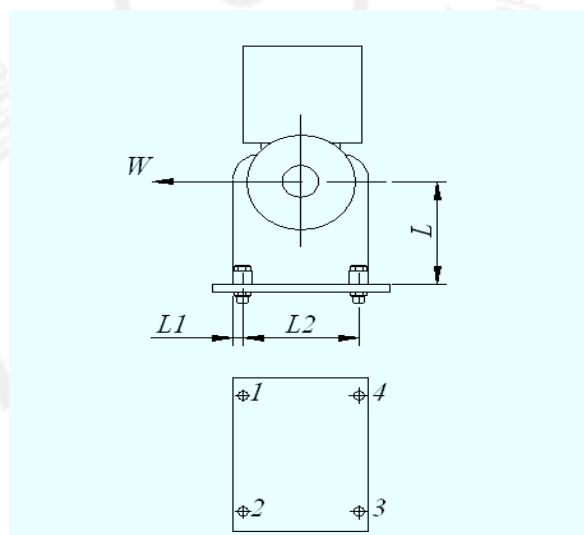
$$= 0,46 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tarik pada baut $\tau_{\text{baut}} < \text{tegangan tarik ijin } \tau_t$ maka baut aman

3.6.2. Baut padaudukan kompresor

Baut yang digunakan adalah M10 sebanyak 4 buah, terbuat dari baja ST 37. Dari lampiran 6 tentang ukuran baut diketahui mengenai spesifikasi baut M10 antara lain sebagai berikut :

Diameter mayor (d)	= 10 mm
Diameter minor (d2)	= 8,16 mm
Tegangan tarik (σ)	= 370 N/mm ²
Tegangan geser (τ)	= 185 N/mm ²
Faktor keamanan (sf)	= 8
W	= $T_1 + T_2$
	= 243,53N + 19,32N
	= 262,85 N



Gambar 3.5 Baut Pada Dudukan Kompresor

5. Tegangan tarik ijin (σt)

$$\sigma t = \frac{\sigma}{sf}$$

$$= \frac{370 N/mm^2}{8}$$

$$= 46,25 N/mm^2$$

6. Tegangan geser ijin (τ_t)

$$\tau_t = \frac{\tau}{sf}$$

$$= \frac{185 N/mm^2}{8}$$

$$= 23,12 N/mm^2$$

7. Beban geser langsung yang diterima baut

$$W_s = \frac{W}{n}$$

$$= \frac{262,85 N}{4}$$

$$= 65,7 N$$

8. Beban tarik yang terjadi akibat gaya tarik sabuk, beban tarik maksimal terjadi pada baut 3 dan 4.

$$W_t = \frac{W.L.L_2}{2(L_1^2 + L_2^2)}$$

$$= \frac{262,85 \cdot 8 \cdot 8}{2(1^2 + 8^2)}$$

$$= \frac{16822,4}{128}$$

$$= 129,4 N$$

9. Diasumsikan beban tarik dan geser yang diterima baut ekuivalen

$$\text{Beban tarik ekuivalen } W_{te} = \frac{1}{2} \left[W_t + \sqrt{W_t^2 + 4W_s^2} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left[129,4 + \sqrt{129,4^2 + 4 \cdot 65,7^2} \right]$$

$$= 156,9 N$$

$$\text{Beban geser ekuivalen } W_{se} = \frac{1}{2} \left[\sqrt{W_t^2 + 4W_s^2} \right]$$

$$= \frac{1}{2} \left[\sqrt{129,4^2 + 4.65,7^2} \right]$$

$$= 92,2 \text{ N}$$

10. Tegangan tarik (σ_{baut}) dan geser (τ_{baut}) yang terjadi pada baut

a. Tegangan tarik $\sigma_{baut} = \frac{W_{te}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_2^2}$

$$= \frac{156,9}{\frac{\pi}{4} \cdot 8,16^2}$$

$$= 3 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan tarik pada baut $\sigma_{baut} <$ tegangan tarik ijin σ_t maka baut aman

b. Tegangan geser $\tau_{baut} = \frac{W_{se}}{\frac{\pi}{4} \cdot d_2^2}$

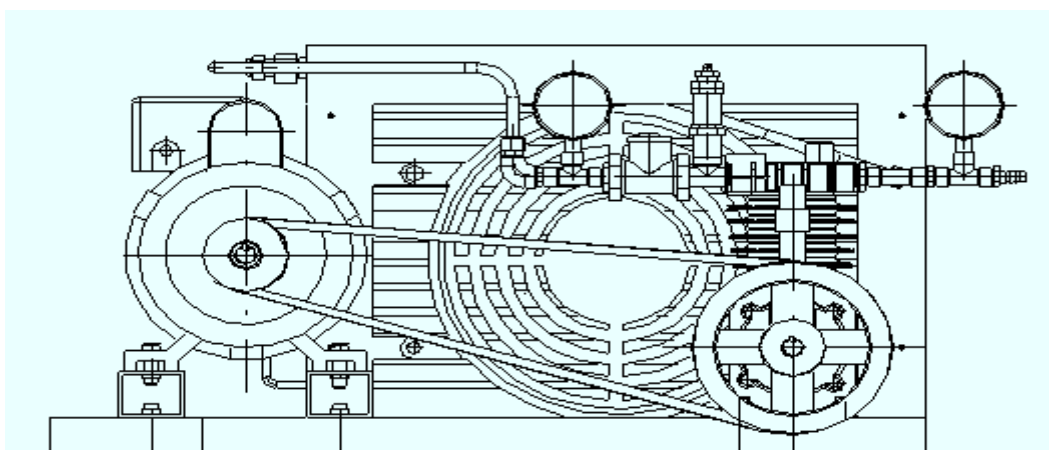
$$= \frac{92,2}{\frac{\pi}{4} \cdot 10^2}$$

$$= 1,17 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser pada baut $\tau_{baut} <$ tegangan geser ijin τ_t maka baut aman

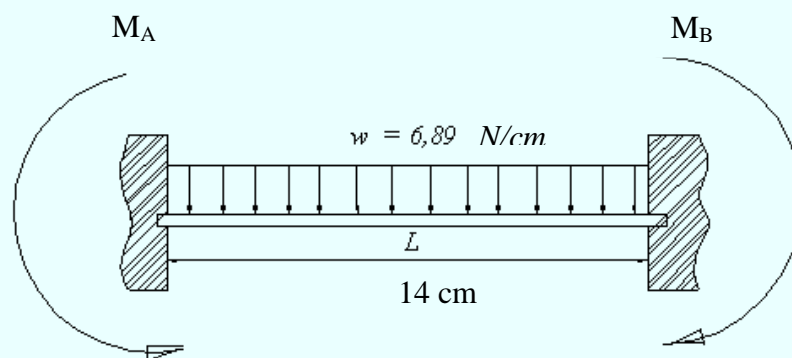
3.7. Perhitungan Rangka

Berikut rangka dari mesin kompresi biogas:



Gb 3.6 sketsa rangka

3.7.1. Dudukan motor



Gb 3.7 pembebanan dudukan motor

Momen lentur/ bending momen:

$$\begin{aligned}
 M_A = M_B &= -\frac{wL^2}{12} \\
 &= -\frac{6,89 \text{ N} \times (14 \text{ cm})^2}{12} \\
 &= -\frac{1350,44}{12} \\
 &= -112,5 \text{ Ncm} \\
 &= -1125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

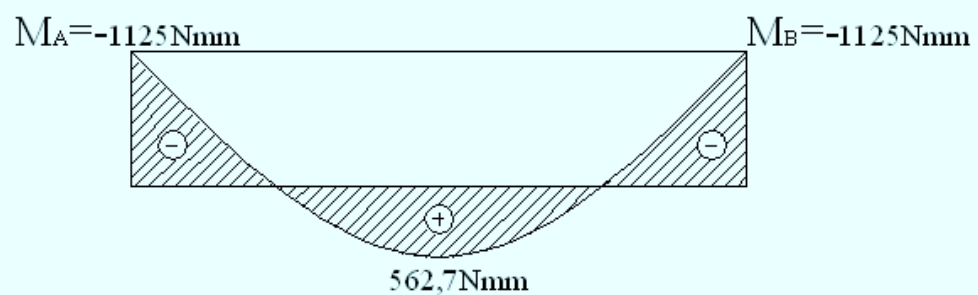
Momen nol terjadi pada $= 0,212.L$ atau $0,788.L$

Momen maksimum

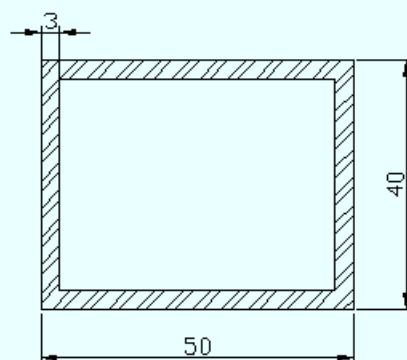
$$\begin{aligned}
 M_{\text{maks}(+)} &= \frac{wL^2}{24} \\
 &= \frac{6,89 \times 14^2}{24}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1350,44}{24} \\
 &= 56,27 \text{ Ncm} \\
 &= 562,7 \text{ Nmm} \\
 M_{\text{maks}(-)} &= -\frac{wL^2}{12} \\
 &= -\frac{6,89 \text{ N} \times (14 \text{ cm})^2}{12} \\
 &= -\frac{1350,44}{12} \\
 &= -112,5 \text{ Ncm} \\
 &= -1125 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Diagram momen lentur (BMD)



Gb 3.8 Diagram momen lentur



Gb 3.9 penampang dudukan motor

$$\begin{aligned}
 I &= \Sigma \frac{bh^3}{12} \\
 I &= \frac{50(40)^3}{12} - \frac{44(34)^3}{12}
 \end{aligned}$$

$$= 2428 \text{ mm}^4$$

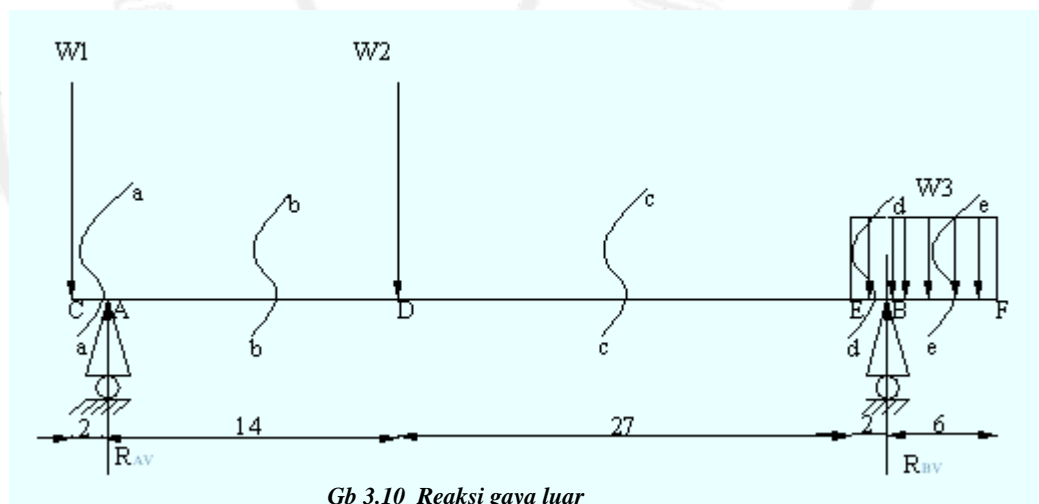
Tegangan tarik yang terjadi :

$$\begin{aligned}\sigma_{max} &= \frac{M \cdot y}{I} \\ &= \frac{1125 \times 20}{2428} \\ &= 9,3 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{\sigma}{Sf} \\ &= \frac{370}{8} \\ &= 46,25 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\sigma_{max} \leq \sigma_b$, jadi bahan yang digunakan aman.

3.7.2. Kekuatan rangka



Gb 3.10 Reaksi gaya luar

Keterangan:

Beban motor sebesar 19,3 kg diteruskan ke dua kaki motor sama rata, sehingga:

$$\begin{aligned}W_1 &: 9,65 \text{ kg} \\ W_2 &: 9,65 \text{ kg} \\ W_3 &: 1,05 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

Persamaan kesetimbangan statika:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} - 9,65 - 9,65 - 1,05 \cdot 8 = 0$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 27,7 \text{ kg}$$

$$\Sigma M_C = 0$$

$$(W_1 \cdot 0 - R_{AV} \cdot 2 + W_2 \cdot 16 - R_{BV} \cdot 45 + W_3 \cdot 8(8/2 + 43)) = 0$$

$$(9,65 \cdot 0 - R_{AV} \cdot 2 + 9,65 \cdot 16 - R_{BV} \cdot 45 + 1,05 \cdot 8(8/2 + 43)) = 0$$

$$(0 - R_{AV} \cdot 2 + 154,4 - R_{BV} \cdot 45 + 394,8) = 0$$

$$2R_{AV} + 45R_{BV} = 549,2$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 27,7 \dots \times 2$$

$$2R_{AV} + 45R_{BV} = 549,2$$

$$2R_{AV} + 2R_{BV} = 55,4$$

$$43R_{BV} = 493,8$$

$$R_{BV} = 11,48 \text{ kg}$$

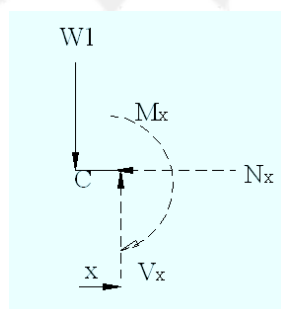
$$R_{AV} + R_{BV} = 27,7 \text{ kg}$$

$$R_{AV} + 11,48 \text{ kg} = 27,7 \text{ kg}$$

$$R_{AV} = 16,22 \text{ kg}$$

Reaksi gaya dalam

Potongan kiri (*a-a*) batang C - A



Gb 3.11 potongan kiri(*a - a*) batang C - A

Persamaan reaksi gaya dalam

$$N_x = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_x = -W_l \dots\dots\dots (2)$$

$$M_x = -W_l \cdot x \dots\dots\dots (3)$$

Titik C ($x = 0$)

Titik A ($x = 2$)

$$N_C = 0$$

$$N_A = 0$$

$$V_C = -9,65 \text{ kg}$$

$$V_A = -9,65 \text{ kg}$$

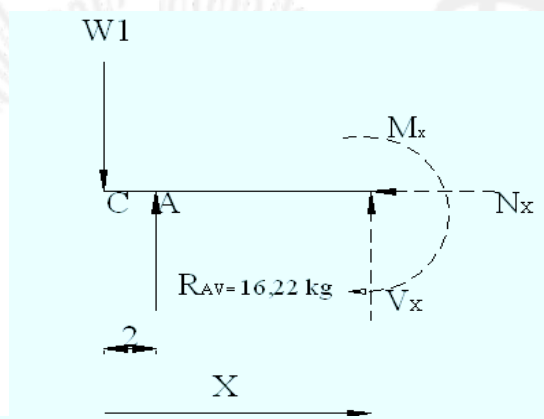
$$M_C = - 9,65 \times 0$$

$$= 0$$

$$M_A = - 9,65 \times 2$$

$$= - 19,3 \text{ kgcm}$$

Potongan kiri ($b - b$) batang A - D



Gb 3.12 potongan kiri($b - b$) batang A-D

Persamaan reaksi gaya dalam

$$N_x = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_x = -W_l + R_{AV} \dots\dots\dots (2)$$

$$M_x = - W_l \cdot x + R_{AV}(x-2) \dots\dots\dots (3)$$

Titik A ($x = 2$)

Titik D ($x = 16$)

$$N_A = 0$$

$$N_D = 0$$

$$V_A = -9,65 + 16,22$$

$$= 6,57 \text{ kg}$$

$$V_D = -9,65 + 16,22$$

$$= 6,57 \text{ kg}$$

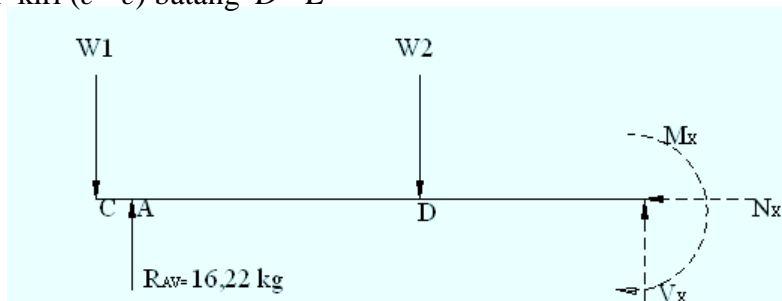
$$M_A = - 9,65 \times 2 + 16,22(2-2)$$

$$= - 19,22 \text{ kgcm}$$

$$M_D = - 9,65 \times 16 + 16,22(16-2)$$

$$= 72,68 \text{ kgcm}$$

Potongan kiri ($c - c$) batang D - E



Gb 3.13 potongan kiri(c-c) batang D - E

Persamaan reaksi gaya dalam

$$N_x = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_x = -W_1 + R_{AV} - W_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$M_x = -W_1 \cdot x + R_{AV}(x-2) - W_2(x-16) \dots\dots\dots (3)$$

Titik D (x = 16)

$$N_D = 0$$

$$V_D = -9,65 + 16,22 - 9,65$$

$$= -3,08 \text{ kg}$$

$$M_D = -9,65 \times 16 + 16,22 \times (16-2) - 9,65(16-16)$$

$$= 72,68 \text{ kgcm}$$

Titik E (x = 43)

$$N_E = 0$$

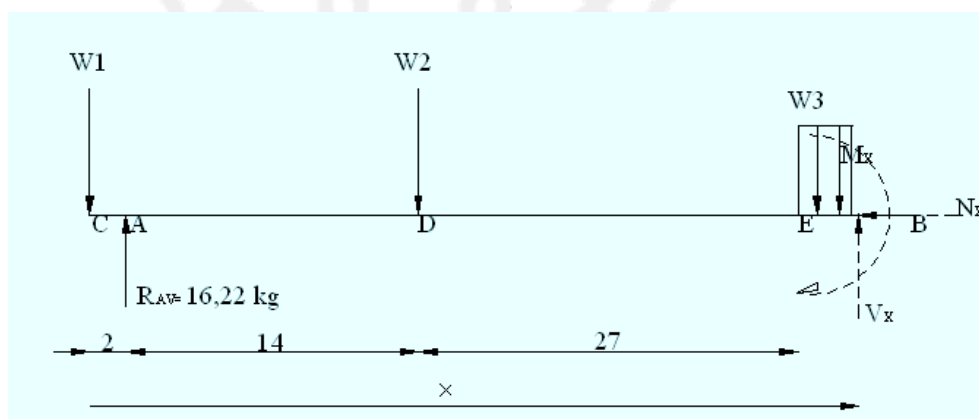
$$V_E = -9,65 + 16,22 - 9,65$$

$$= -3,08 \text{ kg}$$

$$M_E = -9,65 \times 43 + 16,22 \times (43-2) - 9,65(43-16)$$

$$= -10,48 \text{ kgcm}$$

Potongan kanan (d - d) batang E - B



Gb 3.14 potongan kiri(d - d) batang E - B

Persamaan reaksi gaya dalam

$$N_x = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_x = -W_1 + R_{AV} - W_2(x - 43) - W_3(x - 43) \dots\dots\dots (2)$$

$$M_x = -W_1 \cdot x + R_{AV}(x-2) - W_2(x-16) - W_3(x-43)\left(\frac{x-43}{2}\right) \dots\dots\dots (3)$$

Titik E (x = 43)

$$N_E = 0$$

$$V_E = -9,65 + 16,22 - 9,65 - 1,05(43-43)$$

$$= -3,08 \text{ kg}$$

$$M_E = -9,65 \times 43 + 16,22 \times (43-2) - 9,65(43-16) - 1,05(43-43)\left(\frac{43-43}{2}\right)$$

$$= -10,48 \text{ kgcm}$$

Titik B (x = 45)

$$N_B = 0$$

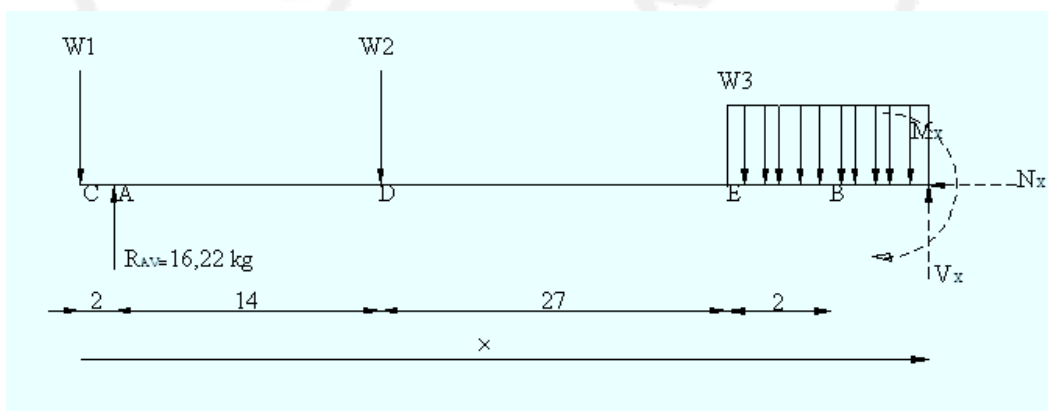
$$V_B = -9,65 + 16,22 - 9,65 - 1,05(45-43)$$

$$= -5,53 \text{ kg}$$

$$M_B = -9,65 \times 45 + 16,22 \times (45-2) - 9,65(45-16) - 1,05(45-43)\left(\frac{45-43}{2}\right)$$

$$= -18,74 \text{ kgcm}$$

Potongan kanan (e - e) batang B - F



Gb 3.15 potongan kiri(e - e) batang B - F

Persamaan reaksi gaya dalam

$$N_x = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$V_x = -W_1 + R_{AV} - W_2(x - 43) - W_3(x - 43) + R_{AB} \dots \dots \dots (2)$$

$$M_x = -W_1 \cdot x + R_{AV}(x-2) - W_2(x-16) - W_3(x-43) \left(\frac{x-43}{2} \right) + R_{AB}(x-45)$$

.....(3)

Titik B (x = 45)

$$N_B = 0$$

$$V_B = -9,65 + 16,22 - 9,65 - 1,05(45-43) + 11,48 = 0 \text{ kg}$$

$$M_B = -9,65 \times 45 + 16,22 \times (45-2) - 9,65(45-16) - 1,05(45-43) \left(\frac{45-43}{2} \right) + 11,48(45-45) = -18,74 \text{ kgcm}$$

Titik F (x = 51)

$$N_F = 0$$

$$V_F = -9,65 + 16,22 - 9,65 - 1,05(51-43) + 11,48 = 0 \text{ kg}$$

$$M_F = -9,65 \times 51 + 16,22 \times (51-2) - 9,65(51-16) - 1,05(51-43) \left(\frac{51-43}{2} \right) + 11,48(51-45) = 0 \text{ kgcm}$$

Tabel Gaya:

Tabel 3.1 gaya pada batang

Potongan		X	N _x	V _x	M _x
Batang					
a-a	C - A				
	C	x = 0	N _C = 0	V _C = - 9,65	M _C = 0
	A	x = 2	N _A = 0	V _A = - 9,65	M _A = -19,3
b-b	A - D				
	A	x = 2	N _A = 0	V _A = 6,57	M _A = -19,3
	D	x = 16	N _D = 0	V _D = 6,57	M _D = 72,68

c - c	D - E				
	D	$x = 16$	$N_D = 0$	$V_D = - 3,08$	$M_D = 72,68$
	E	$x = 43$	$N_E = 0$	$V_E = - 3,08$	$M_E = - 10,48$
d - d	E - B				
	E	$x = 43$	$N_F = 0$	$V_E = - 5,18$	$M_E = - 10,48$
	B	$x = 45$	$N_B = 0$	$V_B = - 5,18$	$M_B = - 18,74$
e - e	B - F				
	B	$x = 45$	$N_B = 0$	$V_B = 0$	$M_B = - 18,74$
	F	$x = 51$	$N_F = 0$	$V_F = 0$	$M_F = 0$

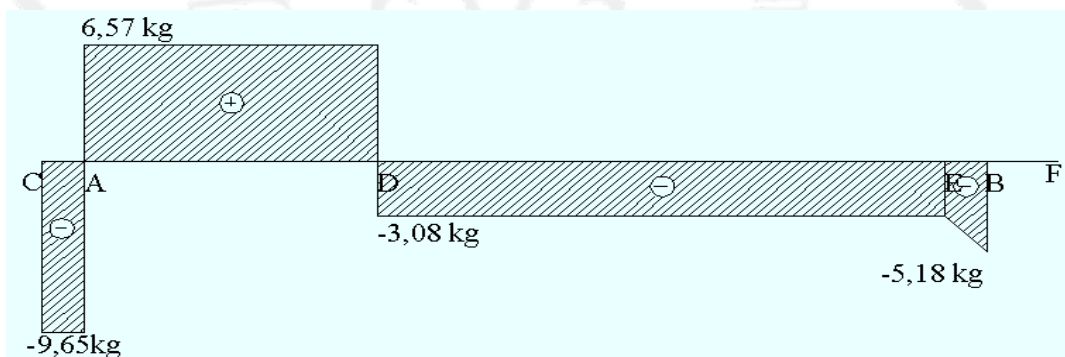
Diagram gaya dalam yang ada pada batang

a. Diagram gaya normal (*NFD*)



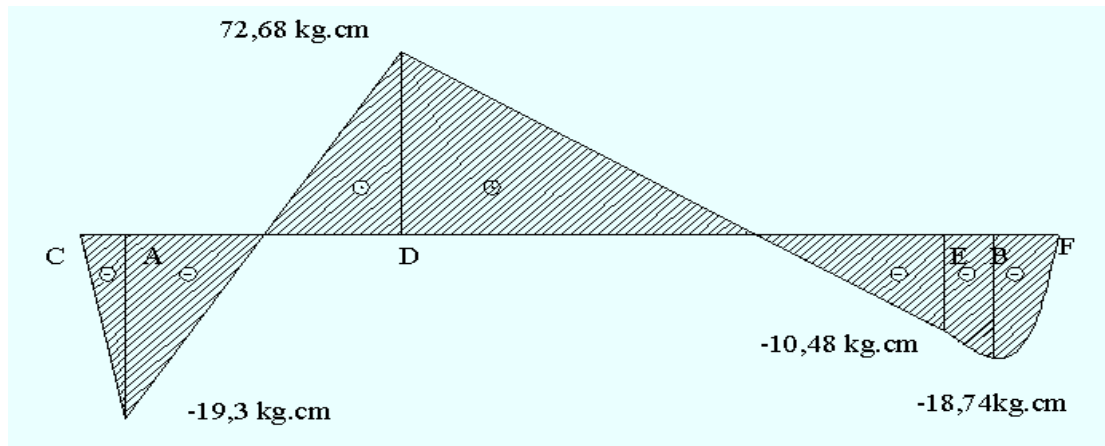
Gb 3.16 Diagram gaya normal

b. Diagram gaya geser (*SFD*)



Gb 3.17 Diagram gaya geser

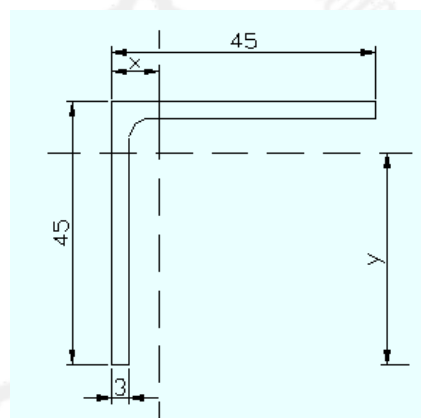
c. Diagram momen lentur (*BMD*)



Gb 3.18 Diagram momen lentur

Kekuatan bahan:

Tegangan tarik yang terjadi pada profil L 45x 45 x 3 (ditinjau dari tegangan bending maksimum)



Gb 3.19 profil L 45 x 45 x3

Dengan:

$$M_{\max} = 72,68 \text{ kg cm} = 7268 \text{ Nmm}$$

$$I = 0,052 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$y = 45 - 12,4 \text{ mm}$$

$$= 32,6 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I}$$

$$= \frac{7268 \times 32,6}{0,052 \times 10^6}$$

$$= 4,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{\sigma}{Sf} \\ &= \frac{370}{8} \\ &= 46,25 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Karena $\sigma_{max} \leq \sigma_b$, jadi profil L dengan bahan ST37 yang digunakan aman.

3.8. Proses permesinan

Mesin bor

1. Pengeboran lubang untuk tempat baut pada dudukan kompresor:

$$\begin{aligned}\text{Dalam pengeboran } (l) &= 3 \text{ mm} \\ \text{Diameter mata bor } (d) &= 12 \text{ mm} \\ \text{Langkah bor } (L) &= l + 0,3 d \\ &= 3 + 0,3 \cdot 12 \\ &= 6,6 \text{ mm} \\ \text{Feeding / pemakanan } (Sr) &= 0,25 \text{ mm/putaran} \\ \text{Kecepatan potong } (V) &= 22 \text{ m/menit}\end{aligned}$$

Tabel 3.2 kecepatan potong & pemakanan (Skharkus & Juts, 1996)

Diameter Mata Bor	Ø 5	Ø10	Ø15	Ø20	Ø25
Kecepatan pemakanan (mm/put)	0,1	0,18	0,25	0,28	0,34
Kecepatan potong V (mm/menit)	15	18	22	29	32

Putaran spindel

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 12}$$

$$n = 583,86 \text{ rpm}$$

waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n}$$

$$T_m = \frac{6,6}{0,25 \cdot 583,86}$$

$$T_m = 0,049 \text{ menit}$$

Jumlah pengerjaan 12 buah

$$T_m = 0,049 \cdot 4 = 0,196 \text{ menit}$$

Waktu setting (T_s) = 10 menit

Waktu pengukuran (T_u) = 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu total} &= T_m + T_s + T_u \\ &= 0,196 + 10 + 5 \\ &= 15,196 \text{ menit} \end{aligned}$$

2. Pengeboran dudukan motor :

Dalam pengeboran (l) = 3 mm

Diameter mata bor (d) = 15 mm

Langkah bor (L) = $l + 0,3 d$

$$\begin{aligned} &= 3 + 0,3 \cdot 15 \\ &= 7,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Feeding / pemakanan (S_r) = 0,25 mm/putaran

Kecepatan potong (V) = 22 m/menit

Putaran spindel

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 15}$$

$$n = 467,09 \text{ rpm}$$

waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n}$$

$$T_m = \frac{7,5}{0,25 \cdot 467,09}$$

$$T_m = 0,064 \text{ menit}$$

Jumlah pengerjaan 4 buah

$$T_m = 0,064 \cdot 4 = 0,256 \text{ menit}$$

Waktu setting (T_s) = 10 menit

Waktu pengukuran (T_u) = 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu total} &= T_m + T_s + T_u \\ &= 0,256 + 10 + 5 \\ &= 15,256 \text{ menit} \end{aligned}$$

3. Pengeboran kedudukan motor

Dalam pengeboran (l) = 3 mm

Diameter mata bor (d) = 12 mm

$$\begin{aligned} \text{Langkah bor } (L) &= l + 0,3 d \\ &= 3 + 0,3 \cdot 12 \\ &= 6,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Feeding / pemakanan (S_r) = 0,25 mm/putaran

Kecepatan potong (V) = 22 m/menit

Putaran spindel

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{22 \cdot 1000}{3,14 \cdot 12}$$

$$n = 583,86 \text{ rpm}$$

waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n}$$

$$T_m = \frac{6,6}{0,25 \cdot 583,86}$$

$$T_m = 0,049 \text{ menit}$$

Jumlah pengerjaan 4 buah

$$T_m = 0,049 \cdot 4 = 0,196 \text{ menit}$$

Waktu setting (T_s) = 10 menit

Waktu pengukuran (T_u) = 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu total} &= T_m + T_s + T_u \\ &= 0,196 + 10 + 5 \\ &= 15,196 \text{ menit} \end{aligned}$$

4. Pengeboran pada dudukan panel

Dalam pengeboran (l) = 3 mm

Diameter mata bor (d) = 10 mm

$$\begin{aligned} \text{Langkah bor } (L) &= l + 0,3 d \\ &= 3 + 0,3 \cdot 10 \\ &= 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Feeding / pemakanan (S_r) = 0,18 mm/putaran

Kecepatan potong (V) = 18 m/menit

Putaran spindel

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{18 \cdot 1000}{3,14 \cdot 10}$$

$$n = 573,24 \text{ rpm}$$

waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n}$$

$$T_m = \frac{6}{0,18.573.24}$$

$$T_m = 0,058 \text{ menit}$$

Jumlah pengerjaan 4 buah

$$T_m = 0,058.4 = 0,232 \text{ menit}$$

Waktu setting (T_s) = 10 menit

Waktu pengukuran (T_u) = 5 menit

$$\begin{aligned} \text{Waktu total} &= T_m + T_s + T_u \\ &= 0,232 + 10 + 5 \\ &= 15,232 \text{ menit} \end{aligned}$$

5. Pengeboran pada dudukan kondensor :

Dalam pengeboran (l) = 3mm

Diameter mata bor (d) = 3mm

$$\begin{aligned} \text{Langkah bor } (L) &= l + 0,3 d \\ &= 3 + 0,3 \cdot 3 \\ &= 3,9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Feeding / pemakanan (S_r) = 0,1 mm/putaran

Kecepatan potong (V) = 15 m/menit

Putaran spindel

$$6. \quad n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$

$$n = \frac{15 \cdot 1000}{3,14 \cdot 3}$$

$$n = 1592,3 \text{ rpm}$$

waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \cdot n}$$

$$T_m = \frac{3,9}{0,1.1592,3}$$

$$T_m = 0,024 \text{ menit}$$

Jumlah pengerjaan 4 buah

$$T_m = 0,024.4 = 0,096 \text{ menit}$$

Waktu setting (T_s) = 10 menit

Waktu pengukuran (T_u) = 5 menit

$$\text{Waktu total} = T_m + T_s + T_u$$

$$= 0,096 + 10 + 5$$

$$= 15,096 \text{ menit}$$

$$\text{Waktu total pengeboran} = 15,196 + 15,256 + 15,196 + 15,232$$

+

$$15,096$$

$$= 75,9 \text{ menit}$$

$$= 1,265 \text{ jam}$$

3.9. Analisa hasil pengujian

Data

Biogas yang dikompresikan adalah 60% gas metana

Tabung yang digunakan adalah tabung untuk LPG 3 kg

Tekanan awal (P_1) = 14,69 Psi

Tekanan akhir (P_2) = 102,8 Psi

Berat jenis udara (ρ) = 1,2 kg/m³

Waktu pengisian (t) tekanan 100 Psi = 6 menit

Spesifik grafiti metana = 0,554

Suhu digester = 35 °C

Suhu akhir kompresor = 42 °C

Suhu akhir kondensor = 33 °C

Autoignition temperatur metana = 343 °C

Perhitungan

1. Volume yang dikompresikan

$$\begin{aligned}V_{biogas} &= Q_{th} \times t \\ &= 0,043 \text{ m}^3 / \text{menit} \times 6 \text{ menit} \\ &= 0,258 \text{ m}^3\end{aligned}$$

2. Volume gas metana

$$\begin{aligned}V_{metana} &= V_{biogas} \times 60 \% \\ &= 0,258 \text{ m}^3 \times 60\% \\ &= 0,1548 \text{ m}^3\end{aligned}$$

3. Berat jenis gas metana

$$\begin{aligned}\rho_{metana} &= \rho_{udara} \times SG_{metana} \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,554 \\ &= 0,6648 \text{ kg/m}^3\end{aligned}$$

4. Massa gas metana dalam tabung

$$\begin{aligned}M_{metana} &= \rho_{metana} \times V_{metana} \\ &= 0,6648 \text{ kg/m}^3 \times 0,1548 \text{ m}^3 \\ &= 0,1029 \text{ kg} \\ &= 102,9 \text{ gr}\end{aligned}$$

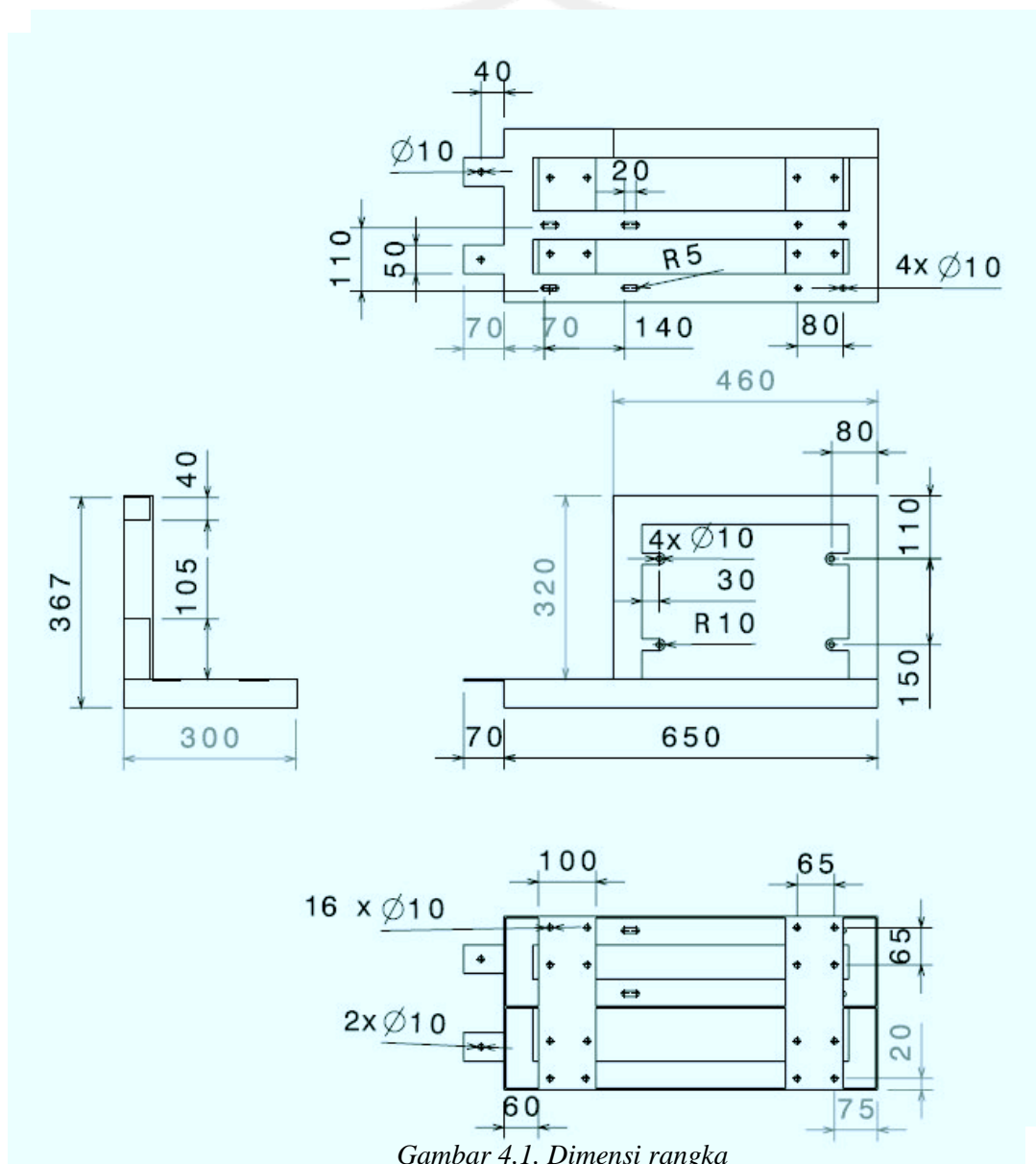
BAB IV

PROSES PRODUKSI DAN ANALISIS BIAYA

1.7 Proses Pembuatan Rangka

Bahan yang digunakan :

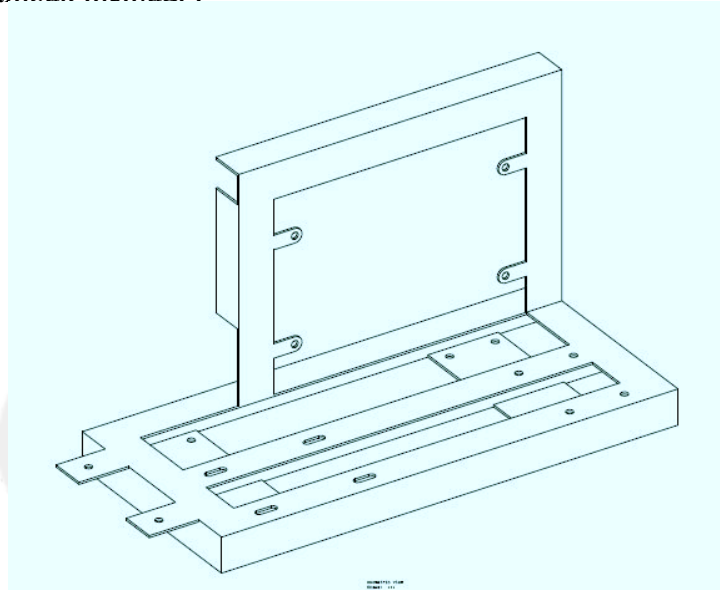
1. besi siku ukuran (50 x 50 x 3 mm) bahan ST 37
2. besi plat ukuran (50 x 3 mm) bahan ST 37
3. besi plat ukuran (20 x 3 mm) bahan ST 37



Langkah pengerjaan :

1. Memotong besi siku (50 x 50 x 3 mm) dengan ukuran :
 - 650 mm @ 2 batang
 - 300 mm @ 4 batang
 - 640 mm @ 1 batang
 - 320 mm @ 2 batang
 - 460 mm @ 1 batang
2. Memotong besi plat (20 x 3 mm) dengan ukuran :
 - 40 mm @ 4 batang
3. Memotong besi plat (50 x 3 mm) dengan ukuran :
 - 70 mm @ 2 batang
4. Merangkai besi siku (50 x 50 x 3 mm) dengan panjang 650 mm @ 2 batang, 300 mm @ 2 batang, dan 640 mm @ 1 batang dengan menggunakan las.
5. Membuat lubang untuk dudukan motor listrik dan kompresor dengan mata bor berdiameter 10 mm.
6. Merangkai besi siku (50 x 50 x 3 mm) untuk dudukan roda dengan panjang 300 mm @ 2 batang dengan menggunakan las, sebelumnya setiap besi siku dipotong menjadi 2 bagian sama panjang secara vertikal.
7. Membuat lubang untuk dudukan roda dengan mata bor berdiameter 10 mm sebanyak 16 lubang.
8. Merangkai besi siku (50 x 50 x 3 mm) untuk dudukan kondensor dengan panjang 320 mm @ 2 batang dan 460 @ 1 batang dengan las.
9. Membuat celah untuk saluran masuk dan keluar kondensor dengan gergaji.
10. Membuat lubang untuk pengait kondensor dengan mata bor diameter 5 mm sebanyak 4 lubang.
11. Merangkai besi plat (20 x 3 mm) panjang 40 mm @ 4 batang untuk dudukan kipas kondensor dengan las.
12. Membuat lubang untuk pengait kipas kondensor dengan mata bor diameter 10 mm.
13. Merangkai besi plat (50 x 3 mm) panjang 70 mm @ 2 untuk dudukan panel dengan las.
14. Membuat lubang untuk pengait panel dengan mata bor diameter 10 mm.

15. Merangkai kedudukan kompresor dan motor dengan kondensor secara tegak lurus pada bagian tepi dengan las, sehingga bentuk rangka keseluruhan akan tampak menjadi :



Gambar 4.2. Konstruksi rangka keseluruhan

1.8 Proses Pengecatan

Langkah pengerjaan dalam proses pengecatan yaitu :

1. Membersihkan seluruh permukaan benda dengan amplas dan air untuk menghilangkan korosi.
2. Pengamplasan dilakukan beberapa kali sampai permukaan benda luar dan dalam benar-benar bersih dari korosi.
3. Memberikan cat dasar atau *poxi* ke seluruh bagian yang akan dicat.
4. Mengamplas kembali permukaan yang telah diberi cat dasar (*poxi*) sampai benar-benar halus dan rata sebelum dilakukan pengecatan.
5. Melakukan pengecatan warna.

1.9 Proses Perakitan

Perakitan merupakan tahap terakhir dalam proses perancangan dan pembuatan suatu mesin atau alat, untuk menempatkan dan memasang bagian-bagian dari suatu mesin yang digabung dari satu kesatuan menurut pasangannya,

sehingga akan menjadi mesin yang siap digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan.

Sebelum melakukan perakitan hendaknya memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

1. Komponen-komponen yang akan dirakit, telah selesai dikerjakan dan telah siap ukuran sesuai perencanaan.
2. Komponen-komponen standart siap pakai ataupun dipasangkan.
3. Mengetahui jumlah yang akan dirakit dan mengetahui cara pemasangannya.
4. Mengetahui tempat dan urutan pemasangan dari masing-masing komponen yang tersedia.
5. Menyiapkan semua alat-alat bantu untuk proses perakitan.

Komponen- komponen dari mesin ini adalah :

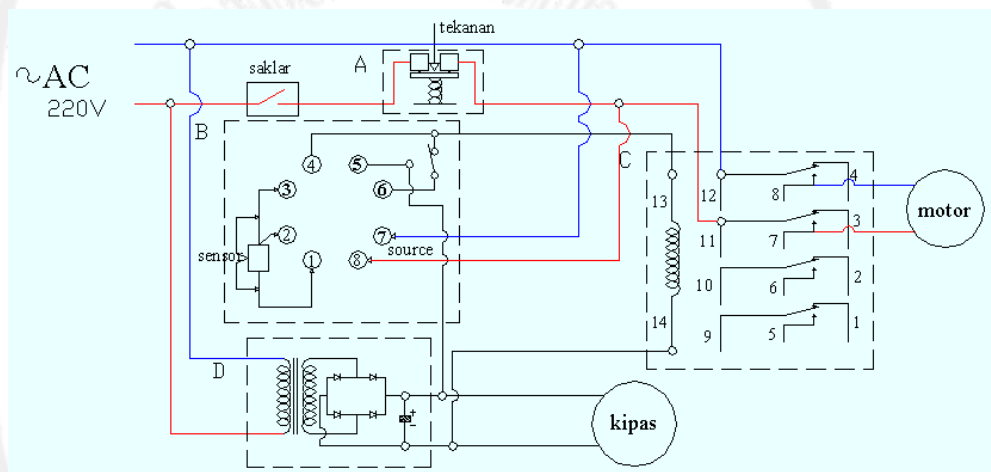
- | | |
|--|----------------------------|
| 1. rangka. | 13. termo kontroler |
| 2. motor listrik | 14. termokopel |
| 3. kompresor torak | 15. <i>relay</i> |
| 4. kondensor | 16. adaptor |
| 5. kipas kondensor | 17. roda |
| 6. puli | 18. saklar |
| 7. sabuk puli | 19. kabel |
| 8. mur dan baut | 20. baut neple |
| 9. pipa | 21. sambungan L |
| 10. kontrol otomatis | 22. sambungan neple |
| 11. katup pengaman (<i>safety valve</i>) | 23. sambungan T ulir dalam |
| 12. katup satu arah (<i>one way valve</i>) | 24. reduser ulir luar |
| | 25. sambungan T ulir luar |
| | 26. neple selang |

Langkah-langkah perakitan :

1. Menyiapkan rangka mesin yang telah dibuat sesuai desain.
2. Memasang roda pada ke 4 dudukannya kemudian diberi mur dan baut M 10 x 1,5 lalu dikencangkan.
3. Memasang kompresor pada dudukannya kemudian diberi mur dan baut M 10 x 1,5 pada tiap lubangnya, lalu dikencangkan.
4. Memasang 2 besi kotak sebagaiudukan motor, mengatur jaraknya kemudian diberi mur dan baut M 10 x 1,5 pada tiap lubangnya lalu dikencangkan.
5. Memasang motor padaudukan, mengatur jarak sumbu motor dan kompresor sebesar 40 cm, mengatur kesejajaran, kemudian diberi mur dan baut M 10 x 1,5 pada tiap lubangnya lalu dikencangkan.
6. Memasang puli pada motor, memberi pasak, dan diberi baut M 5 x 1,5 pada puli lalu dikencangkan.
7. Memasang sabuk puli.
8. Memasang kipas kondensor, kemudian diberi mur dan baut M 10 x 1,5 pada tiap lubangnya lalu dikencangkan.
9. Memasang kondensor pada dudukannya beri mur dan baut M 3 x 1,5 lalu dikencangkan.
10. Memasang reducer pada saluran masuk kondensor.
11. Memasang reduser, sambungan T ulir dalam, dan neple selang yang sebelumnya dibalut dengan *seal tape* pada saluran masuk gas
12. Memasang sambungan T ulir luar, katup satu arah, sambungan T ulir dalam, sambungan nepel, sambungan L, sambungan neple yang sebelumnya dibalut *seal tape* pada saluran keluar.
13. Memasang katup pengaman yang sudah dimodifikasi pada sambungan T ulir luar dengan posisi tegak lurus.
14. Menghubungkan katup pengaman dan sambungan T ulir dalam pada saluran masuk dengan pipa yang sudah dipersiapkan kemudian dikencangkan dengan baut nepel.
15. Memasang *pressure gauge* pada sambungan T ulir dalam secara tegak lurus pada saluran keluar.

cxli

16. Menghubungkan saluran keluar dari kompresor dan saluran masuk kondensor dengan pipa yang sudah dipersiapkan kemudian dikencangkan dengan baut nepel.
17. Memasang sambungan L, sambungan nepel, sambungan T ulir dalam, dan nepel selang pada saluran keluar kondensor yang sebelumnya dibalut *seal tape*.
18. Memasang kontrol otomatis pada sambungan T ulir dalam secara tegak lurus.
19. Memasang kotak panel padaudukannya diberi mur dan baut M 10 x 1,5 kemudian dikencangkan.
20. Merangkai sistem kelistrikan seperti pada gambar 4.3 di bawah.

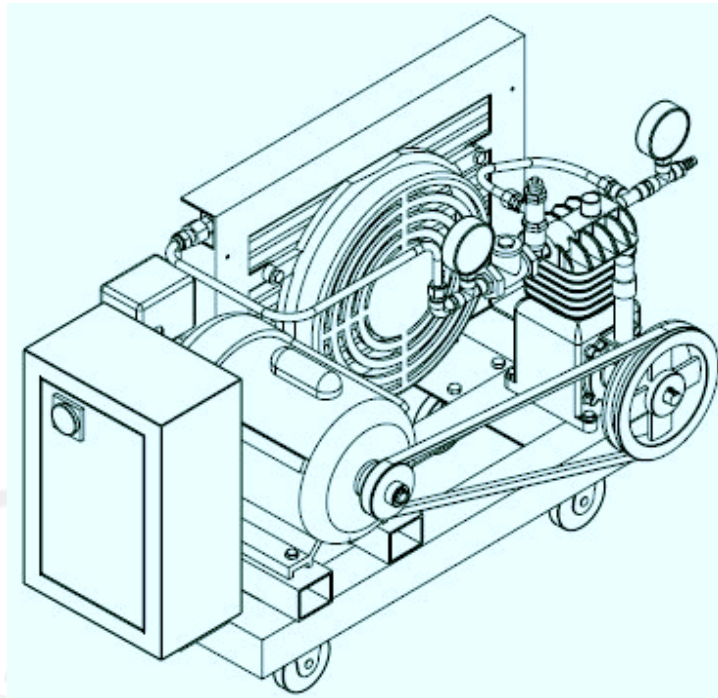


Gambar .4.3 Sistem kelistrikan

Keterangan :

- A. Pressure control
- B. Thermocontroller
- C. Relay
- D. Adaptor

21. Setelah semua komponen selesai dirakit maka akan tampak menjadi seperti pada gambar 4.4 :



Gambar . 4.4 Mesin kompresi biogas

1.10 Proses permesinan

- Pengeboran

Biaya pengeboran = total waktu pengeboran x biaya sewa mesin per jam
 = 1,265 jam x Rp 15.000,00
 = Rp 18.975,00

Biaya operator = Rp 30.000,00
 Rp 48.975,00

- Pengelasan

Biaya pengelasan = total waktu pengelasan x biaya sewa mesin per jam
 = 1,252 jam x Rp 25.000,00
 = Rp 31.300,00

Biaya operator = Rp 25.000,00

Rp 53.300,00

1.11 Analisa Biaya

Tabel 4.1. Daftar harga komponen mesin

No	Komponen	Jumlah	Harga satuan	Total harga
1.	Motor listrik 1 hp	1	Rp. 625.000,00	Rp. 625.000,00
2.	Thermocontroller	1	Rp. 240.000,00	Rp. 240.000,00
3.	Condensor	1	Rp. 225.000,00	Rp. 225.000,00
4.	Kipas Condensor	1	Rp. 125.000,00	Rp. 125.000,00
5.	Thermocouple	1	Rp. 35.000,00	Rp. 35.000,00
6.	Kompresor torak	1	Rp. 450.000,00	Rp. 450.000,00
7.	Pulley motor	1	Rp. 20.000,00	Rp. 20.000,00
8.	V-belt A-45	1	Rp. 17.000,00	Rp. 17.000,00
9.	Pipa 3/8"	1 m	Rp. 45.000,00	Rp. 45.000,00
10.	Selang karet 3/8"	2 m	Rp. 37.500,00	Rp. 75.000,00
11.	Seal tape	3	Rp. 3.000,00	Rp. 9.000,00
12.	Nepel pipa 1/4"	2	Rp. 4.000,00	Rp. 8.000,00
13.	Sambungan nepel 1/4"	1	Rp. 12.500,00	Rp. 12.500,00
14.	Double nepel 1/4"	7	Rp. 7.500,00	Rp. 52.500,00
15.	Nepel selang 1/4"	4	Rp. 7.500,00	Rp. 30.000,00
16.	Klem selang	4	Rp. 2.000,00	Rp. 8.000,00
17.	V-D nepel 1/2" x 1/4"	1	Rp. 10.000,00	Rp. 10.000,00
18.	Pressure gauge	2	Rp. 25.000,00	Rp. 50.000,00
19.	Nepel T ulir luar	1	Rp. 35.000,00	Rp. 35.000,00
20.	Nepel T ulir dalam	4	Rp. 15.000,00	Rp. 60.000,00
21.	Nepel ulir	1	Rp. 10.000,00	Rp. 10.000,00
22.	Stop kran	1	Rp. 10.000,00	Rp. 10.000,00
23.	Baut M10x1,5	28	Rp. 500,00	Rp. 14.000,00
24.	Mur M10x1,5	28	Rp. 200,00	Rp. 4.800,00
25.	Regulator	1	Rp. 85.000,00	Rp. 85.000,00

26	Tali plastik	4	Rp. 500,00	Rp. 2.000,00
27	Baut M8X1,5	4	Rp. 500,00	Rp. 2.000,00
28	Saklar otomatis	1	Rp. 85.000,00	Rp. 85.000,00
29	Roda caster 1 set	4	Rp. 66.000,00	Rp. 66.000,00
30	Safety valve	1	Rp. 32.500,00	Rp. 32.500,00
31	Box panel	1	Rp. 110.000,00	Rp. 110.000,00
32	Terminal kabel	1	Rp. 10.000,00	Rp. 10.000,00
33	Kabel NYM 2x1,5	4m	Rp. 4.000,00	Rp. 16.000,00
34	Kabel tunggal	4m	Rp. 2.000,00	Rp. 8.000,00
35	Steker Broco	1	Rp. 7.500,00	Rp. 7.500,00
36	Saklar On Off	1	Rp. 15.000,00	Rp. 15.000,00
37	Besi siku	6m	Rp. 150.000,00	Rp. 150.000,00
38	Adaptor 5A	1	Rp. 85.000,00	Rp. 85.000,00
39	Baut kecil	4	Rp. 150,00	Rp. 600,00
40	Mur kecil	1 set	Rp. 750,00	Rp. 750,00
41	Relay	1	Rp. 35.000,00	Rp. 35.000,00
42	Soket relay	1	Rp. 15.000,00	Rp. 15.000,00
43	Selang spiral	3m	Rp. 4.000,00	Rp. 12.000,00
44	Reduser ½ x 3/8	1	Rp. 27.000,00	Rp. 27.000,00
45	Reduser ¼ x 3/8	2	Rp. 8.000,00	Rp. 16.000,00
46	Nut 3/8 x 3/8	1	Rp. 8.000,00	Rp. 8.000,00
47	Elektroda	5	Rp. 2.000,00	Rp. 10.000,00
48	Secun	12	Rp. 350,00	Rp. 5.250,00
49	Cat	1	Rp. 6.500,00	Rp. 6.500,00
50	Tiner	1	Rp. 7.500,00	Rp. 7.500,00
51	Amplas	1	Rp. 2.500,00	Rp. 2.500,00
52	Sambungan nepel L	2	Rp. 10.000,00	Rp. 20.000,00
Jumlah				Rp. 3.010.900,00

Total biaya mesin kompresi biogas :

Biaya transportasi	:	Rp. 200.000,00
Biaya pengeboran	:	Rp. 48.975,00
Biaya pengelasan	:	Rp. 53.300,00
Biaya lain – lain	:	<u>Rp. 100.000,00</u>
		Rp. 3.413.175,00



BAB V

PEMERIKSAAN DAN PERAWATAN

Perawatan mesin adalah suatu kegiatan atau pekerjaan yang bertujuan untuk mempertahankan suatu mesin atau peralatan agar tetap dalam kondisi siap untuk beroperasi dan jika terjadi kerusakan maka diusahakan agar mesin atau peralatan tersebut dapat dikembalikan pada kondisi siap operasi pula

Terdapat dua prinsip utama dalam sistem perawatan, yaitu :

1. Menekan periode kerusakan mesin (*breakdown period*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek finansial dan sumber daya manusia.
2. Menghindari kerusakan mesin (*breakdown*) tidak terencana atau kerusakan tiba-tiba.

Tindakan tindakan yang berkaitan erat dengan perawatan adalah sebagai berikut

:

1. Pemeriksaan (*inspection*)
2. *Service*
3. Penggantian komponen
4. Reparasi (*repair*) dan *overhaul*

Pemeliharaan alat ini mencakup seluruh rangkaian dan komponen mesin kompresi biogas antara lain :

5.1 Kompresor

Kompresor mempunyai berbagai bagian yang mendapat beban tumbukan dan bagian-bagian yang saling meluncur dengan tekanan permukaan yang besar. Selain itu getaran mekanis serta denyutan tekan merupakan hal yang tidak dapat dihindari. Karena itu jika diinginkan umur yang panjang dan unjuk kerja yang tetap baik, kompresor harus dioperasikan dengan benar, serta dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan dengan cermat.

5.1.1 Pemeriksaan harian

Setiap hari sebelum dioperasikan, kompresor harus diperiksa menurut cara seperti diberikan dalam tabel 5.1.

Tabel 5.1 Ikhtisar pemeriksaan harian

no	Yang diperiksa	Cara memeriksa
1	Permukaan minyak	Menjaga agar permukaan minyak pelumas ada dalam batas-batas yang ditentukan. Tambahkan minyak jika permukaan minyak sudah mencapai batas terendah
2	Pengatur tekanan	Memeriksa apakah jarum <i>pressure gauge</i> dapat bergerak secara halus, dan jarum menunjukkan angka nol bila tidak sedang beroperasi
3	Katup pengaman	Memeriksa dengan mengamati <i>pressure gauge</i> , apakah bekerja pada daerah tekanan sebagaimana ditetapkan pada pengatur tekanan
4	Tombol tekanan (<i>pressure switch</i>)	Memeriksa dengan mengamati <i>pressure gauge</i> apakah kompresor bekerja pada daerah tekanan
5	Lain-lain	Memeriksa bagian-bagiannya apakah ada kebocoran pada sambungan-sambungan.

5.1.2 Pemeriksaan Rutin

Kompresor biogas harus diperiksa secara periodik. Prosedur pemeriksaan rutin diberikan dalam tabel 5.2 untuk kompresor torak berukuran kecil dengan pelumasan minyak.

Tabel 5.2 Ikhtisar pemeriksaan rutin

Objek pemeriksaan	Prosedur dan tindakan	Waktu(pemilihan yang terpendek)			Keterangan
		Setiap 250 jam	Setiap 1000 jam	Setiap 3000 jam	
		Setiap 1 bulan	Setiap 4 bulan	Setiap 12 bulan	
Baut dan mur yang kendur	Mengencangkan sepenuhnya dengan kunci dan obeng biasa	*			Ganti jika perlu

Sabuk yang rusak atau mulur	Mengganti sabuk yang rusak Menggeser motor jika sabuk mulur	*			
Saringan isap kotor atau tersumbat	Membersihkan dengan sikat	*			Ganti jika rusak
Penggantian minyak pelumas	Mengganti minyak dan membersihkan ruang engkol dan pengukur permukaan minyak. (jika kompresor dipakai untuk pertama kali, atau jika beberapa bagian diganti, mengeluarkan minyak dari ruang engkol setelah 100 jam atau 2 minggu, membersihkan, dan mengisi dengan minyak pelumas yang baru).	*			
Membersihkan semua saluran gas	Membersihkan kerak dan kotoran lainnya dari bagian dalam pipa maupun setiap sambungan dengan sikat			*	
Membersihkan kerak dari katup isap dan buang	Membersihkan kerak dan kotoran lainnya dari katup dengan sikat tanpa menimbulkan kerusakan			*	Mengganti perangkat jika katup pecah
Goresan dan keausan pada cincin dan silinder	Mengganti jika ada beberapa goresan atau bila permukaan luar cincin sudah tidak mempunyai kemiringan lagi			*	Mengganti semua cincin sekaligus.

Pemeriksaan menyeluruh dan *overhaul* harus dilakukan secara cermat. Berikut ini beberapa petunjuk umum yang penting :

5.1.3 Tindakan pengamanan

Pada waktu pembongkaran dan perakitan kembali perlu diperhatikan hal-hal berikut :

1. Sebelum pembongkaran atau perbaikan dilakukan, listrik harus dimatikan dari tombolnya.
2. Bagian-bagian yang dibongkar harus diletakkan di kotak atau di atas kertas secara berurutan untuk memudahkan pada waktu pemasangan kembali. Dengan cara ini tidak akan ada suku cadang yang terlewat atau tertukar urutan pemasangannya.
3. Paking yang rusak harus diganti baru. Paking yang telah dipakai tidak boleh dipasang lagi.
4. Jika pencucian dilakukan dengan minyak yang mudah menguap, bagian-bagian harus dikeringkan benar-benar sebelum dipasang.
5. Torak, katup, silinder dari bagian-bagian lain yang saling meluncur harus diperlakukan secara hati-hati tanpa melukainya.
6. Pada waktu memasang kembali, melumurkan terlebih dahulu minyak pelumas yang sesuai pada permukaan yang meluncur.

5.1.4 Prosedur *Overhaul*

Prosedur pembongkaran kompresor biogas dapat diperinci sebagai berikut :

1. Pembongkaran peralatan pembantu.
 - a. Melepaskan sabuk-V
 - b. Melepaskan ulir reducer pada saluran masuk maupun keluar, jika sukar dibuka karena macet, biasanya mudah dilepas setelah diketok dengan palu.
2. Pembongkaran badan kompresor
 - a. Melepaskan baut pembuang minyak pelumas
 - b. Melepaskan pipa pembebas beban, dan pipa pernafasan ruang engkol.
 - c. Melepaskan kepala silinder.

- d. Membongkar katup isap dan buang. Jika ada bagian yang rusak harus diganti. Pada waktu memasang kembali, harus digunakan paking kepala silinder dan paking katup yang baru.
- e. Membuka puli kompresor dan keluaran pasak dengan penariknya. Pasak dapat terluka pada waktu dikeluarkan. Bagian yang tergores atau terluka harus dihaluskan kembali untuk memudahkan pemasangan.
- f. Membuka silinder
- g. Membuka torak, membuka cincin pengunci pen torak dengan tang yang sesuai, dan mengeluarkan pen torak.
- h. Mengeluarkan poros engkol, batang penggerak, bantalan bola dan rumah bantalan secara bersama-sama.
- i. Menarik keluar rumah bantalan.
- j. Menarik keluar bantalan bola dari poros engkol dengan penarik (*treker*) untuk mencegah rusaknya ulir poros engkol.
- k. Membuka cincin pegas dan cincin pen engkol lalu menarik keluar poros engkol. Dalam hal ini harus dijaga agar metal pen torak tidak sampai rusak pada waktu mengeluarkan batang penggerak.
- l. Menarik keluar perapat minyak dari rumah bantalan. Langkah ini tidak perlu jika perapat minyak masih baik. Untuk mengeluarkan perapat minyak yang perlu diganti, perapat harus dipukul dengan perantaraan barang perata (dengan diameter sedikit lebih kecil dari perapat minyak) agar pemukulan merata.
- m. Mengeluarkan metal-metal bantalan (pada pen poros engkol dan pen torak) dari batang penggerak. Pekerjaan ini tidak perlu dilakukan jika metal masih baik, tidak aus atau tergores. Metal harus dikeluarkan dengan perantaraan batang perata yang diameternya sedikit lebih kecil dari diameter luar metal. Adapun metal pen engkol baru dapat dikeluarkan setelah sekrup pen tetap dibuka. Untuk mengeluarkan pen

ini batang penggerak harus diletakkan di atas landasan dari sepotong kayu.

5.1.5 Prosedur Pemeriksaan

Setelah pembongkaran, bagian-bagian kompresor seperti katup isap dan buang, silinder, cincin torak dan poros engkol harus diperiksa secara cermat. Kemudian dibersihkan dengan bensin dengan menggunakan sikat ataupun kuas.

5.1.6 Perakitan kompresor torak dan prosedurnya

1. Perakitan kompresor torak

Prosedur perakitan badan kompresor

- a. Memasang metal-metal pada batang penggerak. Untuk itu menggunakan batang perata atau papan kayu di atas metal, kemudian dipukul tegak lurus. Pada waktu memasang metal, lubang minyak pada metal harus berimpit dengan lubang minyak pada penggerak. Jika kompresor memakai poros engkol, lubang sekrup penutup juga harus saling berimpit.
- b. Setelah metal pen bantalan dipasang, mengencangkan sekrup penutup
- c. Memasang perapat minyak pada rumah bantalan. Sebelum perapat dipasang, permukaan luarnya harus diulasi dengan cat perekat. Cara memasang perapat ialah dengan memukul pakai palu. Agar perapat tidak rusak pada waktu dipukul harus diberi perantara batang perata atau papan kayu.
- d. Memasang poros engkol
 - i. Memasang batang penggerak pada poros engkol. Batang harus dipasang tanpa menggunakan paksaan dengan melumasi lebih dahulu
 - ii. Memasang cincin pen engkol dan cincin pegas untuk menetapkan batang penggerak pada poros engkol.

- iii. Memasang bantalan bola pada poros engkol bantalan bola dapat dengan mudah dipasang setelah dipanaskan di dalam minyak pada temperature 150° sampai 200°C . Jika pemanasan tidak diperkenankan, bantalan bola harus dipasang dengan pemukulnya dengan perantaraan batang perata. Jika sebagai batang perata digunakan pipa baja yang dikenakan pada cincin bantalan, maka bantalan dapat dipukul secara merata dengan palu. Jika bantalan dipanaskan dengan minyak, maka minyak pemanas harus dibersihkan dari bantalan lalu diganti dengan minyak pelumas yang seharusnya dipakai.
- iv. Memasang perangkat poros engkol, batang penggerak dan bantalan bola pada kotak engkol. Juga melumuri keliling luar bantalan bola dengan minyak pelumas sebelum dipasang. Ujung kecil dari batang penggerak harus dimasukkan lebih dahulu ke dalam kotak engkol.
- v. Memasang paking rumah bantalan. Rumah bantalan akan dapat dipasang dengan mudah jika baut panjang untuk kepala silinder digunakan sebagai pemandu. Mula-mula rumah bantalan diketok dengan palu, kemudian baut bantalan dikencangkan sedikit demi sedikit secara bergantian untuk memasang rumah bantalan pada kotak engkol. Juga gaya pengencangan engkol harus diatur setepat mungkin dengan mengatur tebal paking rumah bantalan (yang mempunyai tebal standar 0,8 mm) sampai dapat mulai berputar sendiri oleh berat pengimbang.
- e. Memasang torak pada batang penggerak, mengulaskan minyak pelumas pada permukaan yang meluncur. Menandai letak belahan cincin-cincin torak pertama pada puncak torak. Belahan cincin-cincin torak berikutnya harus saling membentuk sudut 120° antar yang satu dengan yang lain setelah terpasang.

- f. Memasang kepala silinder. Puncak silinder harus diatur dengan mengatur tebal paking silinder sedemikian rupa hingga puncak silinder terletak 0 sampai 0,5 mm lebih tinggi daripada puncak torak pada titik mati atasnya. Permukaan puncak torak tidak boleh lebih daripada puncak silinder. Bila mengganti silinder katup kepak, sisi pembatas katup isap harus diperiksa apakah sudah dihaluskan sehingga tidak bergerigi. Jika belum harus dikikir atau diampelas. Silinder ini juga harus dipasang dengan cermat sebab arahnya tertentu.
- g. Memasukkan pasak puli ke tempatnya di poros dan memasang puli kompresor. Setelah puli terpasang pada poros engkol, mengencangkan baut-baut puli.
- h. Memasang perangkat katup jangan membuka bungkus katup yang baru, sampai saat pemasangan tiba. Jika bungkus rusak dan katup terbuka di udara beberapa lama, debu dapat menempel dan menyebabkan kebocoran saat dipasang.
- i. Memasang katup isap dan buang.
 - i. Meluruskan dan memasang pen penyetap posisi katup kepak pada lubang pemandu di dasar kepala silinder.
 - ii. Mengganti paking katup udara dan paking kepala silinder yang baru.
 - iii. Mengatur dengan benar letak kepala sekrup kecil penyetap dari plat katup isap atau baut penyetap katup isap dan penjaga katup isap di alur ruang sisa (*clearance*) di puncak silinder. Kemudian secara bersama-sama katup kepak, kepala silinder dan paking dikencangkan dengan baut kepala silinder.
- j. Memasang pipa keluar, mengendorkan sedikit baut kepala silinder dan untuk sementara mengencangkan mur pipa keluar. Kemudian mengencangkan baut kepala silinder dan selanjutnya mengencangkan juga mur pipa keluar.

2. Urutan pemasangan alat pembantu

- a. Memasang ulir reducer saluran masuk maupun keluar
- b. Memasang sabuk-V. Sebelum sabuk-V dipasang, meluruskan puli kompresor terhadap puli motor.
 - i. Mengatur letak motor sesuai dengan panjang sabuk-V. Motor ditetapkan pada jarak sedikit lebih besar dari jangkauan sabuk, kemudian sabuk dipasang. Setelah terpasang, menekan sabuk pada titik tengah antara puli dengan motor dan kompresor ke arah dalam dengan jari. Jika sabuk melentur 10 mm, maka tegangan sabuk adalah optimum.
 - ii. Mengatur letak motor hingga kedua muka luar puli motor dan kompresor menjadi lurus (sebidang), poros motor dan kompresor yang tidak sejajar akan menyebabkan getaran pada sabuk.
 - iii. Memeriksa tegangan sabuk dan menetapkan motor.
 - iv. Memasang tutup atau pelindung sabuk. Setelah pemasangan selesai, melakukan uji coba seperti diuraikan terdahulu.

5.2 Motor dan rangkaian kelistrikan

5.2.1 Motor Listrik

Untuk melakukan perawatan pada motor perlu adanya daftar rencana perawatan yang disusun menurut pekerjaan yang dibutuhkan seperti inspeksi, pelumasan, penyetelan, penggantian komponen, *overhaul* dan sebagainya. Frekuensi perawatan ini perlu dipertimbangkan menurut efisiensi peralatan dalam fungsinya. Berikut adalah daftar rencana perawatan yang merupakan petunjuk dalam melakukan inspeksi pada motor listrik :

1. Inspeksi setiap enam bulan
 - a. Bersihkan bagian bawah motor, cek kekencangan baut pengikat bagian bawah.
 - b. Bersihkan kotak terminal dan cek terminal penghubung, bersihkan dengan pengering silika gel.
 - c. Cek tahanan isolasi dan kontinuitas lilitan.

- d. Lumasi bantalan motor dengan pelumas yang sesuai.
 - e. Cek kelurusan kopling motor.
2. Inspeksi setiap dua tahun
- a. Bersihkan bawah motor dan tiap salurannya
 - b. Lepaskan hubungan motor dengan kabel dan rangkaianya serta tandai kabel-kabel untuk mempermudah pemasangannya, lindungi kabel-kabel agar tidak rusak.
 - c. Lepaskan motor dari unit yang digerakan untuk pemeriksaan.
 - d. Tarik puli dari porosnya dan cek alur pasak serta poros dari goresan
 - e. Keluarkan motor dari tutupnya
 - f. Cek bantalan gelindingnya dan ganti kalau diperlukan
 - g. Keluarkan motor dan cek apakah batang rotor dan ringnya mengalami retak-retak.
 - h. Cek lapisan rotor dan perhatikan tanda-tanda gesekan antara stator dan rotor.
 - i. Bersihkan lilitan stator dengan meniupkan udara kering.
 - j. Hindarkan lilitan stator dari pengaruh-pengaruh yang menghanguskan isolasi dan balutan-balutan yang merusak.
 - k. Cek lapisan stator, apakah bebas dari kebakaran dan dudukan stator sudah bersih.
 - l. Pemasangan motor dan pengepasan kopling perlu dicek
 - m. Tempatkan motor pada dudukanya dan luruskan kopling terhadap unit yang digerakan dan catat hasilnya.
 - n. Lepas hubungan semua kabel, test motor dan kabel untuk tahanan isolasi serta kontinuitasnya.
 - o. Cek kebersihan kotak terminal, periksa kondisi semua gasket dan jika perlu perbaiki dengan silica gel.
 - p. Cek bantalan motor yang diisi dengan oli yang direkomendasikan, cek motor dalam keadaan bebas , putarkan dengan tangan.

- q. Lakukan tindakan keamanan, jalankan motor tanpa dihubungkan dengan unit yang digerakan untuk mengecek putarannya dan dengarkan suara bantalannya. jika kondisinya sudah baik hubungkan kopling motor dengan unit yang digerakkan.

5.2.2 Rangkaian kelistrikan

Untuk kelistrikan :

1. Mengecek semua kabel dan memastikan semua terhubung dengan baik sebelum menyalakan alat.
2. Memeriksa lilitan magnet pada *relay*.
3. Memeriksa kontaktor pada *relay*.
4. Periksa thermokontroler apakah bekerja pada suhu yang dikehendaki.

5.3 Saluran pipa dan kondensor

Saluran pipa dan kondensor merupakan komponen yang vital karena banyak terdapat sambungan sehingga rawan dengan adanya kebocoran. Frekuensi perawatan pada bagian ini lebih sering dilakukan. Berikut adalah daftar rencana perawatan pada saluran-saluran pipa dan kondensor

1. Inspeksi harian
 - Cek tekanan yang masuk pada saluran dengarkan apakah ada kebocoran (suara mendesis) pada tiap sambungan.
2. inspeksi mingguan
 - a. Bersihkan sirip-sirip kondensor dengan udara bertekanan.
 - b. Bersihkan saluran kondensor dengan udara bertekanan untuk menghilangkan air yang terjebak .
 - c. Bersihkan sambungan-sambungan nipple dari kotoran yang menempel.
 - d. Gunakan *seal tape* untuk mencegah kebocoran pada tiap sambungan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari proyek akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal :

1. Biogas yang dikompresikan belum dilakukan pemurnian dari gas H₂O dan uap air.
2. Kadar gas metana yang dikompresikan hanya 60%.
3. Tabung yang digunakan untuk uji coba adalah tabung *LPG* 3kg
4. Motor yang digunakan sebesar 1HP
5. Tekanan pengujian pada tabung *LPG* 3kg sebesar 8 kg/cm², dengan kapasitas gas metana yang dihasilkan = 102,9 gram
6. Total biaya untuk membuat mesin kompresi biogas sebesar Rp. 3.413.175,00

6.2. Saran

1. Perlu diberi peralatan tambahan seperti : *H₂S removal dan moisture separator*.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk meningkatkan efisiensi total dari mesin kompresi biogas.
3. Untuk menambah kapasitas gas, tabung divakum terlebih dahulu sebelum diisi

DAFTAR PUSTAKA

- Khurmi, R.S. & Gupta, J.K. 2002. *Machine Design*. S. C had & Company LTD. Ram Nagar-New Delhi.
- Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 1987. *Dasar dan Pemilihan Elemen Mesin, cetakan keenam*. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- James L. Walsh, Jr., P.E.1988. *Biogas Utilization Handbook*, Engineering Technologi Branch Environment, Health, and Safety Division Economic Development Laboratory. Georgia
- Ezekoye, V.A., Okeke, C.E., 2006, Design, Construction, and Performance Evaluation of Plastic Biodigester and the Storage of Biogas, *The Pacific Journal of Science and Technology*, Vol. 7 No. 2, pp.176 – 184
- Shigley, Joseph E. dan Larry D. Mitchell, 1999, *perencanaan teknik mesin*, Erlangga. Jakarta