

JURNAL TEKNIK MESIN

JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING

Volume 4, Nomor 2, Tahun 2013



**PERANCANGAN CAR AIR CONDITIONER INSTALLATION
MAINTENANCE TRAINER**

Putut Jatmiko Dwi Prasetio dan Vendi Setiawan

**RANCANG BANGUN BELT CONVEYOR TRAINER SEBAGAI ALAT
BANTU PEMBELAJARAN**

Rudianto Raharjo

PERANCANGAN PUMP INSTALLATION MAINTENANCE TRAINER

Riswan Eko Wahyu Susanto dan
Enggar Galih Rohmad

**RANCANG BANGUN SYSTEM PIPING TRAINER SEBAGAI ALAT BANTU
PEMBELAJARAN**

Moch. Ali Masyhari

**PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN ALAT PERAGA
PERAWATAN PENGKODISIAN UDARA MOBIL (AIR CONDITIONER
MAINTENANCE TRAINER) JENIS SUZUKI KATANA GX**

Kethut Widhiarto

JURNAL TEKNIK MESIN

ISSN 2252-4444

VOLUME 4, NOMOR 2, TAHUN 2013

DEWAN REDAKSI

Pelindung:

Direktur Politeknik Kediri

Penasehat:

Pembantu Direktur I Polteknik Kediri
Pembantu Direktur II Politeknik Kediri
Pembantu Direktur III Politeknik Kediri

Pembina:

Ketua UPT - PPMK (Penelitian Pengabdian kepada Masyarakat dan Kerjasama)

Penanggung Jawab:

Putut Jatmiko Dwi Prasetyo, ST., MT

Ketua Dewan Redaksi

Riswan Eko Wahyu Susanto, SPd., MT

Editor Ilmiah

Ahmad Dony Mutiara Bahtiar, ST., MT

Editor Teknis

Ahmad Zakaria Anshori, SST

Alamat Redaksi dan Penerbit :

Jurnal Teknik Mesin (JTM)
Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin
Politeknik Kediri
Jl. Mayor Bismo No.27 Kediri 64121
Telp./Fax. (0354) 683128
Website: www.poltek-kediri.ac.id
E-mail: jtm@poltek-kediri.ac.id

Copyright © 2013

JURNAL TEKNIK MESIN

POLITEKNIK KEDIRI

ISSN 2252-4444

Volume 4, Nomor 2, Tahun 2013

PENGANTAR REDAKSI

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena Jurnal Teknik Mesin telah terbit untuk edisi perdana yaitu Volume 4 Nomor 2 pada tahun 2013. Hal ini berkat kerja sama yang baik antara pihak-pihak yang semakin banyak terlibat dalam memberikan kontribusi yang positif bagi perkembangan Jurnal ini serta ketekunan dan ketabahan kita bersama.

Pada kesempatan ini kami dari tim redaksi tak lupa mengucapkan terima kasih kepada Rekan-rekan yang telah turut membantu dalam penerbitan Jurnal ini. Kami juga mengharapkan agar kerja sama ini dapat terus berlanjut pada masa yang akan datang.

Demikianlah yang dapat kami sampaikan semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi staf pengajar, peneliti, dan juga para pembaca.

Ketua Dewan Redaksi

JURNAL TEKNIK MESIN

ISSN 2252-4444

VOLUME 4, NOMOR 2, TAHUN 2013

DAFTAR ISI

PERANCANGAN CAR AIR CONDITIONER INSTALLATION MAINTENANCE TRAINER	1 – 14
Putut Jatmiko Dwi Prasetio dan Vendi Setiawan	
RANCANG BANGUN BELT CONVEYOR TRAINER SEBAGAI ALAT BANTU PEMBELAJARAN	15 – 26
Rudianto Raharjo	
PERANCANGAN PUMP INSTALLATION MAINTENANCE TRAINER	27 – 39
Riswan Eko Wahyu Susanto dan Enggar Galih Rohmad	
RANCANG BANGUN SYSTEM PIPING TRAINER SEBAGAI ALAT BANTU PEMBELAJARAN	40 – 54
Moch. Ali Masyhari	
PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN ALAT PERAGA PERAWATAN PENGKODISIAN UDARA MOBIL (AIR CONDITIONER MAINTENANCE TRAINER) JENIS SUZUKI KATANA GX	55 – 66
Kethut Widhiarto	

RANCANG BANGUN CAR AIR CONDITIONER INSTALLATION MAINTENANCE TRAINNER

Putut Jatmiko Dwi Prasetyo dan Vendi Setiawan

Jurusan Teknik Mesin - Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin - Politeknik Kediri

Abstrak

Alat peraga merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mendukung kegiatan dalam suatu kegiatan mengajar. Dengan menggunakan alat peraga, kegiatan mengajar akan bisa berjalan dengan baik. Hal ini sangat beralasan karena dengan alat peraga, para mahasiswa bisa mengaplikasikan teori yang diperoleh. Dalam proses pembuatan alat peraga diperlukan beberapa proses pengerjaan. Langkah-langkah proses pengerjaan itu meliputi perancangan dan pembuatan. Dengan melakukan perancangan, kita bisa memperhitungkan seberapa besar kapasitas dari alat peraga yang kita buat. Dengan demikian kita bisa menentukan berapa estimasi biaya yang kita perlukan dalam pembuatan alat peraga tersebut. Alat peraga perawatan instalasi pengkondisian mobil merupakan salah satu jenis sarana penunjang kegiatan belajar. Alat peraga ini sangat berguna sebagai alat peraga untuk menerapkan teori dalam mata kuliah. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan. Maka untuk alatnya berukuran 120 x 80 x 87 cm

Kata Kunci: Perancangan, Pembuatan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proses belajar adalah interaksi atau hubungan timbal balik antara Mahasiswa dengan Dosen dan antara sesama Mahasiswa dalam proses pembelajaran (Sumber: Fathurrohman 2007:9). Pengertian interaksi mengandung unsur saling memberi dan menerima. Dalam keseluruhan proses pendidikan, kegiatan belajar dan mengajar merupakan kegiatan yang paling pokok. Hal ini berarti bahwa berhasil tidaknya pencapaian tujuan pendidikan banyak bergantung pada bagaimana proses belajar mengajar dirancang dan dijalankan secara profesional. Dalam proses belajar mengajar Dosen juga membutuhkan alat penunjang untuk membantu proses pembelajaran yang optimal.

Dari permasalahan yang ada bahwa dalam proses pembelajaran memerlukan alat praktikum dan tugas akhir ini dimaksudkan untuk memberikan suatu fasilitas penunjang yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa dalam mempraktekkan perawatan dan mengamati secara langsung pada bagian

komponen alat peraga instalasi pengkondisian udara mobil serta mengetahui sistem kerja *mobile air conditioner* (MAC).

Pada rancang bangun ini harapannya dapat membuat alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses pembelajaran yang harapannya bagi mahasiswa dapat mengetahui cara perawatan dan sistem kerja pada alat pengkondisian udara di mobil dan dapat membuat secara langsung alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*), harapannya bagi pengajar dapat mempermudah proses pembelajaran yang dilaksanakan didalam labotarium, harapannya bagi masyarakat dapat mengetahui efisiensi menggunakan alat pengkondisian udara di mobil.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka bisa diambil rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimanakah merancang dan membuat alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner*

installation maintenance trainer) sebagai alat bantu proses pembelajaran?"

Batasan Masalah

Dalam pembuatan alat ini ada beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Hanya membatasi perancangan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses pembelajaran.
2. Hanya membatasi pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses pembelajaran.
3. Hanya membatasi biaya pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses pembelajaran.

Tujuan

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk Perencanaan dan Pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses pembelajaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Pendingin (*Refrigerasi*).

Bidang refrigerasi dan pengkondisian udara saling berkaitan satu sama lain, tetapi masing-masing mempunyai ruang lingkup yang berbeda. Penerapan teknik refrigerasi yang terbanyak di terapkan pada refrigerasi industri, yang meliputi pemrosesan, pengawetan makanan, penyerapan kalor-kalor dari bahan kimia, perminyakan dan industri petrokimia. Selain itu, terdapat penggunaan khusus seperti pada industri manufaktur dan konstruksi. Berikut ini adalah contoh penggunaan mesin refrigerasi, (Sumber: Herman, 2012):

Daging, ikan, sayur mayur dan buah sangat mudah membusuk sehingga diperlukan perlakuan khusus untuk pengawetan. Salah satu metodenya adalah dengan pendinginan. Metode pendinginan

dimaksudkan untuk membunuh kuman-kuman dan memperlambat proses penguraian alamiah sehingga dengan proses ini kondisi bahan makanan tadi dapat bertahan sampai beberapa bulan. Urutan proses pengawetan bahan makan dengan pendinginan adalah sebagai berikut, (Sumber: Herman, 2012):

a. Pembekuan

Proses pembekuan bahan makanan sampai -30°C dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- i. Peniupan dengan kecepatan tinggi kearah timbunan paket makanan.
- ii. Pembekuan sentuh, meletakkan bahan makanan diantara pelat-pelat logam.
- iii. Pembekuan celup, mencelupkan bahan makanan ke air garam yang bersuhu rendah.
- iv. Pembekuan hamparan dengan aliran fluida, paket makanan dihamparkan di atas conveyor kemudian di tiup udara dingin.

b. Ruang penyimpanan.

Ruang atau gudang penyimpanan berguna untuk menyimpan bahan makan setelah pemanenan, karena tidak semua hasil panen dikonsumsi atau dijual. Untuk bahan makanan yang mudah membusuk penyimpanannya harus dengan pendinginan. Untuk menjaga agar tetap awet dan segar, bahan makanan disimpan sampai suhu -20°C atau lebih rendah lagi.

c. Distribusi.

Setelah proses penyimpanan di dalam gudang, bahan makanan kemudian didistribusikan untuk dijual ke pasar-pasar atau toko-toko. Proses pendistribusian juga harus dilengkapi mesin pendingin, sehingga bahan makanan tidak membusuk.



Gambar 1. Box truck pendingin
Sumber: Wedi (2012)

Pengkondisian Udara (*Air Conditioner*).

Teknik pengkondisian udara untuk mengatur suhu, sirkulasi, kelembaban dan kebersihan udara didalam ruangan.

Pengondisian udara (*Air Conditioner*) mempertahankan kondisi udara didalam sehingga penghuni ruangan menjadi nyaman. Berikut ini adalah contoh penggunaan pengondisian udara:

a. Pengondisian udara untuk industri.

Pada industri terdapat banyak benda yang dapat menimbulkan panas seperti mesin-mesin, peralatan komputer, dan jumlah karyawan yang banyak. Hal ini dapat menyebabkan kondisi lingkungan yang tidak segar, kotor dan lembab. Kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan peralatan cepat korosi atau berkarat. Untuk peralatan komputer yang beroperasi pada temperatur di atas normal dapat menimbulkan kerusakan. Pemasangan pengkondisi udara menjadi penting sehingga temperatur dan kelembaban dapat di atur.



Gambar 2. Mesin pengkondisian udara industri. Sumber: Hendra (2012)

b. Pengkondisian udara untuk Laboratorium.

Peralatan-peralatan pada laboratorium biasanya harus bersih dan higienis, tidak boleh terkontaminasi dengan penyakit dan kotoran. Kelembaban udara harus dijaga pada kondisi dimana orang yang bekerja merasa nyaman dan juga menjamin tidak terjadi kondisi dimana kelembaban cocok untuk perkembangan jamur atau penyebab penyakit lainnya. Kebutuhan pengkondisi udara juga disesuaikan dengan fungsinya. Misalkan untuk pengujian peralatan yang akan beropersi suhu rendah hingga -20°C .

c. Pengkondisian udara Ruang Komputer.

Komputer adalah perangkat yang dapat menjadi sumber panas karena komponen-komponennya, sedangkan kalau komputer bekerja pada kondisi dimana udara panas akan terjadi kerusakan. Dengan alasan tersebut,

pemasangan pengkondisi udara harus tepat. Fungsi utama pada kondisi tersebut adalah mengontrol temperatur.

d. Instalasi penkondisian udara pada Instalasi *power plant*.

Fungsi utama dari pengkondisian udara pada kondisi ini adalah untuk memperoleh udara nyaman dan bersih. Lingkungan yang cenderung kotor karena polusi dan panas yang berlebih menjadi masalah utama pada *power plant*. Sebagai contoh pada instalasi pembangkit listrik tenaga uap dan gas, dari proses pembakaran dihasilkan gas pembakaran bertemperatur tinggi, sebagian akan hilang ke lingkungan yang akan menyebabkan kenaikan temperatur lingkungan. Karena hal tersebut, pengkondisi udara berfungsi untuk menstabilkan temperatur sehingga tetap nyaman, terutama pada ruangan tempat pengendali pembangkit.

e. Pengkondisian udara pada rumah tangga.

Rumah tinggal berfungsi untuk tempat berkumpulnya anggota keluarga, tempat menyimpan benda-benda mulai dari bahan makanan sampai pakaian. Fungsi utama dari pengkondisi udara pada rumah tangga adalah menjaga temperatur dan kelembaban udara pada kondisi yang dianggap nyaman untuk beristirahat. Pada rumah tangga juga banyak dipakai mesin pendingin untuk mengawetkan bahan makanan dan untuk keperluan pembuatan balok es untuk minuman.

f. Pengkondisian udara untuk Automobil.

Pada mobil penumpang, pengkondisi udara dipakai untuk mengontrol suhu dan kelembaban sehingga udara tetap segar dan bersih. Sumber utama beban pendinginan adalah dari radiasi matahari langsung dan juga dari orang-orang yang mengendarai atau menumpang. Permasalahan pengkondisian udara biasanya pada penggerak kompresor AC, penggerak ini adalah dari putaran poros engkol, sehingga dapat mengurangi daya dari mesin, terutama pada beban tinggi.

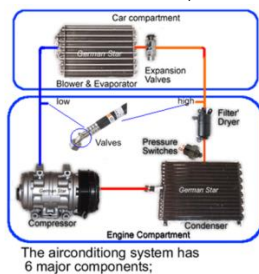


Gambar 3. AC Mobil
Sumber: Wikipedia (2010)

Sistem Mobile Air Conditioning (MAC).

Keberadaan AC mobil yang dalam bahasa Inggris dikenal sebagai *Mobile Air Conditioning* (MAC) sudah tidak asing lagi bagi pemakai kendaraan pribadi di Indonesia. Kondisi iklim tropis umumnya bertemperatur tinggi (rata-rata 30°C) serta kelembaban tinggi (rata-rata 75%). Kondisi udara tropis ini memberikan rasa tidak nyaman bagi penumpang mobil. Terlebih di daerah perkotaan dengan tingkat hunian serta polusi yang tinggi. Tuntutan kehadiran MAC pada kendaraan hampir menjadi suatu keharusan untuk mendinginkan dan mengeringkan udara di dalam mobil. Selain itu pada saat hujan, MAC akan membantu menghilangkan embun pada kaca (*wind shield*) bagian dalam akibat terjadinya kondensasi. Dengan demikian pandangan pengemudi tidak akan terganggu, sehingga keselamatan pengguna kendaraan tetap terjamin.

Dengan demikian keberadaan MAC memberikan dua fungsi penting bagi pengguna kendaraan. Pertama di saat hari yang panas, MAC dapat mempertahankan temperatur serta kelembaban kabin pada kondisi nyaman (sekitar 24°C, 50%) sepanjang perjalanan. Kedua, saat dalam keadaan hujan, MAC dapat menjaga terbentuknya embun pada kaca depan bagian dalam. (sumber: Darmawan Ari Pasek, 2006)

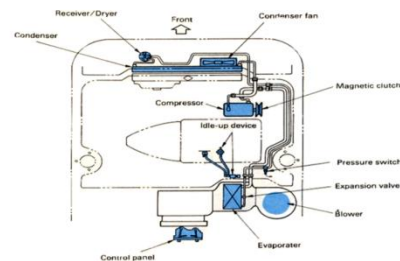


Gambar 4. Sistem kerja MAC
Sumber: Hendra (2012)

Adapun prinsip kerja AC mobil adalah sebagai berikut:

1. Kompresor mengkompresikan gas atau uap refrigeran yang bertemperatur tinggi dan bertekanan tinggi karena menyerap panas dari evaporator ditambah panas yang dihasilkan saat langkah pengeluaran (*discharge*).
2. Gas refrigeran mengalir ke dalam kondensor, di dalam kondensor gas refrigeran dikondensasikan menjadi cairan atau terjadi perubahan keadaan yaitu pengembunan refrigeran.
3. Cairan refrigeran mengalir ke dalam *receiver* untuk disaring antara cairan refrigeran dengan oli sampai *evaporator* memerlukan refrigeran untuk diuapkan.
4. Katup ekspansi menurunkan tekanan dan temperatur atau suhu cairan refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi menjadi rendah.
5. Gas refrigeran yang dingin dan berembun ini mengalir ke dalam *evaporator*. Refrigeran menguap dan menyerap panas dari udara luar atau terjadi pengkabutan udara sehingga suhu di luar akan dingin.

Jenis-jenis komponen di MAC, Sistem MAC terdiri dari komponen utama sebagai berikut: Kompresor, Kondensor, *Evaporator*, Katup Ekspansi. Komponen pembantu lainnya seperti: *Filter* atau *receiver-dryer*, *Magnetic clutch*, *Thermostat*, *Pressure switch*, Kipas udara kondensor, Kipas blower. Susunan komponen-komponen tersebut dalam sistem *Mobile Air Conditioning* (MAC) di perlihatkan pada Gambar.



Gambar 5. Susunan komponen utama pada sistem MAC
Sumber: Darmawan Ari Pasek (2006)

Refrigeran.

Pada umumnya refrigeran ialah suatu zat yang berupa cairan yang mengalir di

refrigerator dan bersirkulasi melalui komponen fungsionalis untuk menghasilkan efek mendinginkan dengan cara menyerap panas melalui ekspansi dan evaporasi (penguapan).

Kelompok refrigeran yang banyak digunakan dan mempunyai aspek lingkungan yang penting adalah refrigeran halokarbon, yaitu refrigeran dengan molekul yang memiliki atom-atom halogen (fluor atau khlor) dan karbon. Refrigeran halokarbon terbagi menjadi beberapa jenis sebagai berikut, (sumber: Darmawan Ari Pasek, 2006):

1. Refrigeran CFC (*chlorofluorocarbon*), yaitu refrigeran halokarbon dengan molekul yang terdiri dari atom-atom khlor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). Contoh refrigeran ini yang cukup populer adalah refrigeran CFC-11 (*trichlorofluoro-carbon*, CFC13), CFC-12 (*dichloro-difluoro-carbon*-CF2Cl2), dan lain-lain.
2. Refrigeran HCFC (*hydrochloro-fluorocarbon*), yaitu refrigeran halokarbon dengan molekul yang terdiri dari atom-atom hidrogen (H), khlor (Cl), fluor (F), dan karbon (C). Salah satu refrigeran ini yang populer adalah refrigeran HCFC-22 (*chloro-difluoro-metil*, CHF2Cl).
3. Refrigeran HFC (*hydrofluorocarbon*), yaitu refrigeran halokarbon dengan molekul yang terdiri dari atom-atom hidrogen (H), fluor (F), dan karbon (C). Salah satu contoh refrigeran ini yang populer adalah HFC-134a (C2H2F4).

Refrigeran yang banyak dipakai oleh kendaraan sekarang ini adalah HFC 134a yang tidak mempunyai sifat perusak ozon dan juga tidak mengandung racun (karena tidak mengandung clor), HFC 134a kalau dilepaskan ke udara maka secara cepat akan menguap dengan menyerap panas dari udara sekitarnya. *Air Conditioner* mempertahankan kondisi suhu dan kelembaban udara dengan cara, pada suhu ruangan tinggi refrigeran akan menyerap panas dari udara sehingga suhu di dalam ruangan turun. Sebaliknya saat udara di dalam ruangan rendah refrigeran akan melepaskan panas ke udara sehingga suhu udara naik, oleh karena itu daur refrigerasi yang terpenting adalah daur kompresi uap yang digunakan didalam daur

refrigerasi. Pada daur ini uap di tekan dan kemudian diembunkan menjadi cairan lalu tekanannya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali.

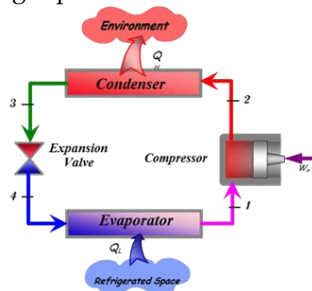
Persyaratan refrigerant (zat pendingin) untuk sistem AC adalah sebagai berikut:

1. Tekanan penguapannya harus cukup tinggi. Sebaiknya refrigeran memiliki temperatur penguapan pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator, dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi.
2. Tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi. Apabila tekanan pengembunannya rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah sehingga penurunan prestasi kompresor dapat dihindarkan. Selain itu, dengan tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan menjadi lebih kecil.
3. Kalor laten penguapan harus tinggi. Refrigerant yang memiliki kalor laten penguapan yang tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersirkulasi menjadi lebih kecil.
4. Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil. Refrigerant dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume torak yang lebih kecil.
5. Koefisien prestasi harus tinggi. Dari segi karakteristik termodinamika dari refrigerant, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menekan biaya operasi.
6. Konduktifitas termal yang tinggi. Konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor.
7. Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas. Dengan turunnya tahanan aliran refrigerant dalam pipa, kerugian tekanan akan berkurang.
8. Refrigerant tidak boleh beracun dan berbau merangsang.

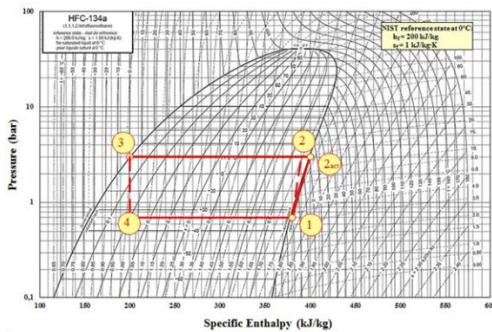
9. Refrigerant tidak boleh mudah terbakar dan meledak.
10. Refrigerant harus mudah dideteksi, jika terjadi kebocoran.
11. Harganya tidak mahal dan mudah diperoleh.
12. Ramah lingkungan.

Siklus Kompresi Uap Dalam Refrigerasi.

Siklus kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam sistem refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan dan kemudian di embunkan menjadi cairan, lalu tekananya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali.



Gambar 6. Diagram block siklus kompresi uap
Sumber: Stoecker,1996



Gambar 7. Diagram p-h kompresi uap

Secara termodinamika prinsip kerja siklus pendingin kompresi uap tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

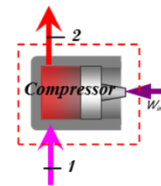
Proses 1-2 kompresi kompresor.

merupakan kompresi adiabatik dan reversibel dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor adalah

$$Q_{12} - W_{12} = (h_2 - h_1)$$

$$W_{12} = (h_1 - h_2) = (-) \dots \dots \dots (1)$$

Q = Panas
W = Kerja



Gambar 8. Proses Kompresi Dalam Kompresor
Sumber: Yosep (2007)

Proses 2-3: Proses pembuangan energi kalor pada kondensor

Proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dan pengembunan refrigeran. Kapasitas laju aliran kalor kondensasi

$$Q_{23} - W_{23} = (h_3 - h_2)$$

$$Q_{23} = (h_3 - h_2) = (-) \dots \dots \dots (2)$$

Q = Panas
W = Kerja/Daya



Gambar 9. Proses pembuangan energi kalor pada kondensor
Sumber: Yosep (2007)

Jadi yang terjadi pada kondensor adalah panas keluar (-)

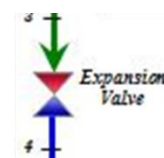
Proses 3-4: Proses Iso enthalpi pada ekspansi device.

Proses ekspansi tidak reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pencekikan (*throttling process*) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses di sini berlangsung pada proses adiabatik, sehingga

$$Q_{34} - W_{34} = (h_4 - h_3)$$

$$h_3 = h_4 \dots \dots \dots (3)$$

$h_3 = h_4 \rightarrow$ Proses throttle (proses pencekikan)



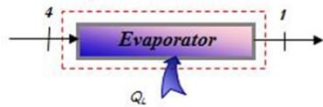
Gambar 10. Proses Iso enthalpi pada ekspansi device
Sumber: Yosep (2007)

Proses 4-1: Proses pemasukan energi kalor pada evaporator.

Merupakan penambahan kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Kapasitas laju aliran kalor evaporasi dirumuskan

$$Q_{41} - W_{41} = (h_1 - h_4)$$

$$Q_{41} = (h_1 - h_4) = (+) \dots\dots\dots(4)$$



Gambar 11. Proses pemasukan energi kalor pada evaporator
Sumber: Yosep (2007)

Coeffisien of Performance (COP).

COP atau koefisien prestasi digunakan untuk menyatakan efisiensi dari siklus refrigerasi. Pada umumnya, efisiensi mesin kalor selalu lebih kecil dari satu. Dengan kata lain, energi yang dimasukkan ke dalam sistem tidak semuanya dapat diubah menjadi kerja berguna, selalu terjadi kerugian.

$$COP = \frac{Q_{41}}{W_{12}}$$

Hasil unjuk kerja sistem refrigrasi ini nilainya harus diatas 1.

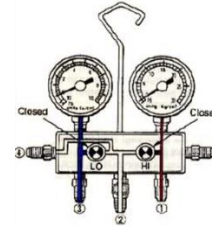
Motor bakar.

Motor bakar adalah motor penggerak mula yang pada prinsipnya adalah sebuah alat yang mengubah energi kimia menjadi energi panas dan diubah ke energi mekanis. Saat ini motor bakar masih menjadi pilihan utama untuk dijadikan sebagai penggerak mula. Karena itu, usaha untuk menciptakan motor bakar yang menghasilkan kemampuan tinggi terus diusahakan oleh manusia. Kemampuan tinggi untuk mesin ditandai dengan adanya daya dan torsi yang dihasilkan tinggi tetapi kebutuhan bahan bakar rendah.

Alat Ukur Manifold Geague.

Manifold adalah alat pengukur yang berfungsi selain untuk mengosongkan atau mengisi refrigerant juga sebagai alat untuk mengidentifikasi gangguan pada sistem mesin

pendingin dan pengecekan tekanan pada kompresor AC mobil.



Gambar 2.45. Skema manifold geague
Sumber: Wikipedia (2012)

Alat Peraga

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar siswa lebih efektif dan efisien (Sudjana, 2002 :59). Alat peraga dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat Bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Proses belajar mengajar ditandai dengan adanya beberapa unsur antara lain tujuan, bahan, metode dan alat, serta evaluasi.

Alat peraga sering disebut audio visual, dari pengertian alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga. Alat tersebut berguna agar pelajaran yang disampaikan guru lebih mudah dipahami oleh siswa. Dalam proses belajar mengajar alat peraga dipergunakan dengan tujuan membantu guru agar proses belajar siswa lebih efektif dan efisien.

Perencanaan biaya.

Menurut Mulyadi (1993: 8) biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang telah terjadi atau kemungkinan telah terjadi untuk tujuan tertentu (Pembuatan alat).

a. Biaya produksi.

Biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Menurut obyek pengeluarannya biaya produksi ini dibagi menjadi: Biaya bahan baku, Biaya tenaga kerja, Biaya permesinan, dan Biaya perakitan.

b. Harga Jual Alat.

Besarnya harga jual alat adalah biaya total pembuatan alat ditambah keuntungan yang direncanakan serta pajak penjualan. Perincian biaya-biaya sebagi berikut:

Biaya Produksi, Besarnya biaya produksi ditentukan oleh: Biaya pembuatan, Biaya perencanaan, menentukan biaya ini didasarkan pada kerumitan dari alat yang dibuat, Biaya operator, didasarkan jumlah jam kerja yang dibutuhkan, keterampilan, dan keahlian.

Keuntungan, Besarnya keuntungan ditentukan sebesar Rp. 1.000.000,-. Pajak (*tax*), Besarnya pajak ditentukan sebesar 10% dan besarnya bunga pinjaman dari bank sebesar 1,5% per bulan. Rumus yang dipakai menentukan harga jual alat yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Sales} &= X \\ T_c &= (\text{Total Cost}) \\ \text{EBDIT} &= (\text{Earning before depreciation interest and taxes}) \\ D &= (\text{Depreciation}) \\ \text{EBT} &= (\text{Earning Before Taxes}) \\ T &= (\text{Taxes}) \\ \text{EAT} &= (\text{Earning After Taxes}) \end{aligned}$$

(Robert J. Kodoatie, 2005)

c. Break Event Point (BEP)

Break Event Point (BEP) adalah suatu keadaan dimana dalam suatu operasi perusahaan tidak mendapat untung maupun rugi atau impas (penghasilan = total biaya). Untuk dapat menganalisa BEP diperlukan penggolongan berbagai biaya menurut sifatnya. Menurut sifat pembiayaannya dibagi menjadi tiga yaitu:

Biaya tetap adalah biaya yang relative tidak berubah atau tidak tergantung pada volume produksi maupun tingkat aktifitas yang dilakukan. Yang termasuk biaya tetap adalah biaya perencanaan, biaya produksi, dan biaya pembuatan gedung perusahaan.

Biaya tidak tetap adalah biaya yang pada umumnya berubah seiring dengan perubahan jumlah produksi yang dilakukan perusahaan. Sebagai contoh yaitu biaya bahan baku, biaya permesinan, dan biaya operator.

Biaya semi variabel serupa dengan gabungan dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Akan tetapi biaya semi variabel ini tidak digunakan dalam perhitungan nilai BEP. Sebagai contoh yaitu biaya komisi yang diberikan kepada *salesman*.

Rumus untuk menghitung nilai BEP yaitu:

$$F_c$$

$$P - V_c$$

$$\text{BEP} = \frac{F_c}{P - V_c} \quad (\text{Robert J. Kodoatie, 2005})$$

dimana:

F_c : Biaya Tetap

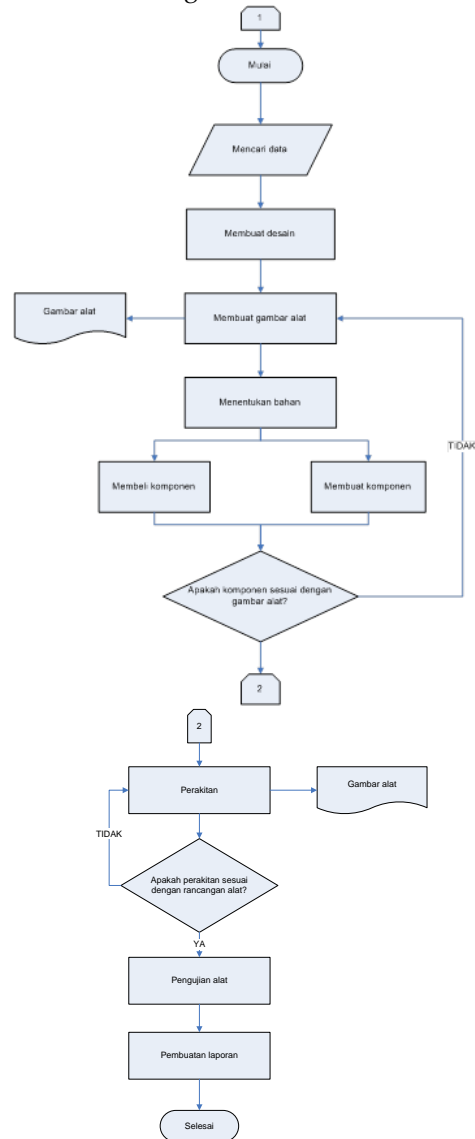
P : Harga jual per unit

V_c : Biaya Tidak Tetap

METODOLOGI

Kegiatan Pelaksanaan

Langkah-langkah dalam pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil sebagai berikut:



Gambar 11. Diagram alir

Sumber: Penulis (2012)

Tahap 1. Pengumpulan data

Tahapan awal adalah melakukan pengumpulan data dengan tujuan untuk

merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan Tugas Akhir ini. Pengumpulan data ini dapat diperoleh dari buku-buku yang berhubungan dengan proses penelitian dan jurnal-jurnal penelitian yang berhubungan dengan penelitian ini. Selain itu pengumpulan data ini juga bisa dilakukan dengan cara observasi lapangan dan tambahan pengetahuan melalui internet. Studi *literature* juga dimaksudkan untuk memperoleh gambaran secara lebih detail mengenai perancangan dan pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) beserta karakteristik dan permasalahannya.

Tahap 2. Perancangan dan pembuatan alat

Pada tahap ini dilakukan pemodelan sistem dari data yang sudah ada dari hasil pengumpulan data sehingga data tersebut dapat dijadikan acuan dalam proses berikutnya. Perancangan alat ini terlebih dahulu membuat gambar model melalui autocad atau dalam bentuk gambar lainnya lalu sampai akhirnya kita akan mendapatkan hasil simulasinya. Selanjutnya masuk tahap penentuan bahan dalam tentang cara pembuatan komponen-komponen alat dan pembelian komponen yang di butuhkan dalam pembuatan alat.

Tahap 3. Proses perakitan

Pada tahap ini dilakukannya perakitan komponen-komponen alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) yang sesuai dengan desain yang di buat.

Tahap 4. Pengujian alat dan pembuatan laporan

Pada tahap ini akan diberikan data-data hasil percobaan yang akan di buat didalam laporan tugas akhir dan akan dilakukan pengujian sekaligus analisa dari sistem keseluruhan, kerja tiap-tiap blok rangkaian yang secara keseluruhan berfungsi. Adapun pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian terhadap sistem pada kompresor,

kondensor, *evaporator*, katup ekspansi dan lain-lain.

Bahan dan Alat

Dalam proses pembuatan perlu dipersiapkan peralatan dan bahan. Berikut ini adalah bahab dan alat yang harus dipersiapkan:

Tabel 1. komponen utama

No	Nama komponen	Jumlah
1.	Kompresor	1
2.	Kondensor	1
3.	Evaporator	1
4.	<i>Receiver</i>	1
5.	Katup ekspansi	1
7.	Motor bensin	1
9.	<i>Ektra fan</i>	1
10.	<i>Pressure geague</i>	2

Sumber: Penulis (2012)

Tabel 2. komponen pendukung 1

No	Nama Barang	jumlah
1.	Trafo	1 set
2.	<i>Belt</i>	1 tpe A
3.	Selang dan pipa kapiler	1 set

Sumber: Penulis (2012)

Tabel 3. komponen pendukung 2

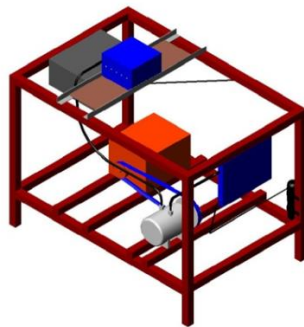
No	Nama Barang	jumlah
1.	Besi holow 20 mm x 50 mm tebal 2 mm	12 m
2.	Roda gelinding	4 buah
3.	Mur baut ukuran 10	29 buah
4.	Mur baut ukuran 12	48 buah
5.	Mur baut ukuran 14	4 buah

Sumber: Penulis (2012)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan

Proses perencanaan proyek akhir dengan judul perancangan dan pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) sebagai alat bantu proses belajar.



Gambar 12. Rangka dan komponen-komponennya

Sumber: Penulis (2012)

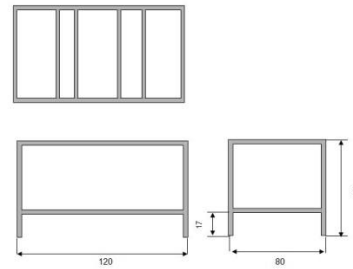
Pembuatan Meja

Perancangan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil dibuat dalam bentuk meja dudukan, meja tersebut dibuat dari bahan besi persegi 40 mm x 40 mm, dengan konstruksi meja yang dapat menopang berat komponen-komponen alat peraga, sehingga berharap alat tersebut dapat digunakan dengan baik. Dalam mendesain meja dudukan perancangan alat peraga pengkondisian udara mobil.

Meja trainer dibuat dalam ukuran 1200 mm x 800 mm dengan ketinggian 870 mm, ukuran meja tersebut di rencanakan sudah sesuai dengan kapasitas ukuran komponen-komponen yang terpasang, sedangkan tinggi trainer tersebut dibuat setinggi ukuran rata-rata tinggi manusia dengan harapan trainer tersebut memberi kesan mudah dilihat.

Membuat rangka

Bahan yang digunakan adalah: Besi hollow 40 x 40 x 2 bahan ST-37



Gambar 13. Konstruksi rangka

a. Kaki meja:

- i. Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 87 cm sebanyak 4 buah.
- ii. Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 120 cm sebanyak 2 buah untuk sisi panjang yang bawah.
- iii. Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 80 cm sebanyak 2 buah untuk sisi lebar yang bawah.

b. Rangka atas:

- i. Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 120 cm sebanyak 2 buah untuk panjang meja.
- ii. Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 80 cm sebanyak 2 buah untuk lebar meja atas.

c. Dudukan kompresor dan motor bensin.

Pemotongan besi hollow 4 x 4 x 0,2 cm bahan ST-37 sepanjang 80 cm sebanyak 4 buah.

d. Penopang roda gelinding.

Pemotongan besi pelat bahan ST-37 sepanjang 15 x 15 x 0,2 sebanyak 4 buah.

2. Proses pengelasan

- a. Pengelasan rangka meja sesuai ukuran panjang dan lebar.
- b. Pengelasan kaki meja dengan rangka meja atas.
- c. Pengelasan penguat rangka kaki meja sisi panjang dan lebarnya.
- d. Pengelasan pelat untuk penopang roda gelinding.
- e. Pengelasan penopang motor bensin dan kompresor AC.

3. Proses pengecatan

Langkah pengerjaan dalam proses pengecatan yaitu :

- a. Membersihkan seluruh permukaan benda dengan amplas dan air untuk menghilangkan korosi.
- b. Pengamplasan dilakukan beberapa kali sampai permukaan rangka luar dan dalam benar-benar bersih dari korosi.
- c. Memberikan cat dasar ke seluruh bagian yang akan dicat sebanyak 2 kali lapisan.
- d. Pengamplasan kembali permukaan yang telah diberi cat dasar sampai benar-benar halus dan rata dengan menggunakan amplas halus dan air agar lapisan cat dasar tidak terkikis terlalu banyak.
- e. Melakukan pengecatan warna merah pada rangka 2 kali lapisan agar tebal dan cat awet.
- f. Melakukan pengecatan warna hitam pada evaporator 2 kali lapisan agar tebal dan cat awet.

4. Proses perakitan.

Perakitan merupakan tahap terakhir dalam proses perancangan dan pembuatan suatu mesin atau alat, dimana suatu cara atau tindakan untuk menempatkan dan memasang bagian-bagian dari suatu mesin yang digabung dari satu kesatuan menurut pasangannya, sehingga akan menjadimesin yang siap digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan.

Sebelum melakukan perakitan hendaknya memperhatikan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Komponen-komponen yang akan dirakit, telah selesai dikerjakan dan telah siap ukuran sesuai perencanaan.
- b. Komponen-komponen *standart* siap pakai ataupun dipasangkan.
- c. Mengetahui jumlah yang akan dirakit dan mengetahui cara pemasangannya.

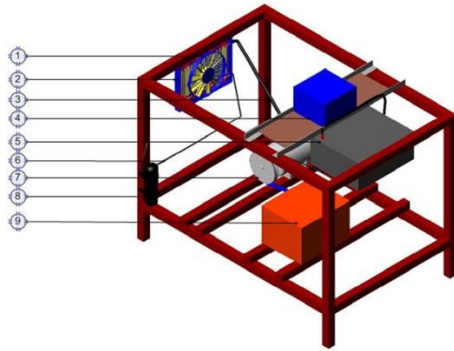
- d. Mengetahui tempat dan urutan pemasangan dari masing-masing komponen yang tersedia.
- e. Penyiapan semua alat-alat bantu untuk proses perakitan.

Langkah-langkah perakitan:

- a. Penyiapan rangka (meja) yang telah disambung dengan proses pengelasan sesuai desain.
- b. Pemasangan kondensor pada rangka dengan mengebor bagian-bagiannya dan selanjutnya di mur-baut-ring.
- c. Pemasangan *receiver* pada lubang rangka menggunakan bor lalu di mur-baut-ring.
- d. Pemasangan evaporator pada rangka dengan mengebor sisi bagian dari rangka lalu memasang pengunci (mur-baut-ring).
- e. Pemasangan motor bensin pada rangka dengan mengebor sisi bagian dari rangka lalu memasang pengunci (mur-baut-ring)
- f. Pemasangan *pulley* ukuran diameter luar 6 cm dan diameter poros 2 cm pada poros motor bensin
- g. Pemasangan kompresor AC pada rangka dengan mengebor sisi bagian dari rangka lalu memasang pengunci (mur-baut-ring), pastikan *pulley* antara motor bensin dan kompresor terpasang lurus sejajar.
- h. Pemasangan selang dan pipa penghubung antar komponen dan memastikan kekencangan antar bagian penghubung agar dipastikan benar-benar kencang.
- i. Pemasangan trafo pada di plat L lalu di beri landasan kayu, selanjutnya di pasang pada rangka dengan mengebor sisi atas bagian rangka dengan pengunci mur-but-ring.

Komponen-Komponen Alat Peraga Pengkondisian mobil

Berikut ini komponen-komponen Alat Peraga Perawatan Pengkondisian mobil.



Gambar 14. Komponen Alat Peraga Pengkondisian Udara

Keterangan:

1. Ektra fan
2. Kondensator
3. Selang karet
4. Trafo
5. Evaporator
6. Pipa tembaga
7. Kompresor
8. Receiver
9. Motor bensin

Analisa Perhitungan Mesin Refrigerasi Metode Tabel.

Untuk menentukan COP atau koefisien prestasi pada alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil ditentukan sebagai berikut.

Diketahui:

P_{tinggi} : 246 Psi = 16 bar (*pressure geague*)

P_{rendah} : 25 Psi = 1,7 bar (*pressure geague*)

Data:

- I. $P = 1,7$ bar
 $h_i = h_g$
 $h_g = 238,7 \frac{kJ}{kg}$ (tabel sifat refrigeran jenuh 134a (uap-cair): tabel tekanan)
- II. $P = 16$ bar
 $h_2 = h$
 $h_2 = 261,85 \frac{kJ}{kg}$ (tabel sifat uap refrigeran panas lanjut 134a)
- III. $P = 16$ bar
 $h_3 = h_f$
 $h_f = 134,02 \frac{kJ}{kg}$ (tabel sifat refrigeran jenuh 134a (uap-cair): tabel tekanan)
- IV. $h_4 = h_3$

$$h_4 = 134,02 \frac{kJ}{kg} \text{ (tabel sifat refrigeran jenuh 134a (uap-cair): tabel tekanan)}$$

Proses 1-2: Proses Kompresi Dalam Kompresor

$$Q_{12} - W_{12} = (h_2 - h_1)$$

$$W_{12} = (h_1 - h_2)$$

$$= (238,7 \frac{kJ}{kg} - 261,85 \frac{kJ}{kg})$$

$$= -23,15 \frac{kJ}{kg} \text{ (W masuk)}$$

$$Q = \text{Panas} \quad \dot{W} = \text{Daya}$$

Jadi yang dibutuhkan kompresor hanyalah daya, daya yang masuk pada kompresor.

Proses 2-3: Proses pembuangan energi kalor pada kondensator

$$Q_{23} - W_{23} = (h_3 - h_2)$$

$$Q_{23} = (h_3 - h_2)$$

$$= (134,02 \frac{kJ}{kg} - 261,85 \frac{kJ}{kg})$$

$$= -127,83 \frac{kJ}{kg} \text{ (Q keluar)}$$

$$Q = \text{Panas}$$

$$W = \text{Kerja/Daya}$$

Proses 3-4: Proses Iso enthalpi pada ekspansion device

$$Q_{34} - W_{34} = (h_4 - h_3)$$

$$h_3 = h_4$$

$h_3 = h_4 \rightarrow$ Proses throtle (proses pencekikan)

Proses 4-1: Proses pemasukan energi kalor pada evaporator

$$Q_{41} - W_{41} = (h_1 - h_4)$$

$$Q_{41} = (h_1 - h_4)$$

$$= (238,7 \frac{kJ}{kg} - 134,02 \frac{kJ}{kg})$$

$$= 104,68 \frac{kJ}{kg} \text{ (Q masuk)}$$

Coeffisien of Performance (COP)

COP atau koefisien prestasi digunakan untuk menyatakan efisiensi dari siklus refrigerasi. Pada umumnya, efisiensi mesin kalor selalu lebih kecil dari satu. Dengan kata lain, energi yang dimasukkan ke dalam sistem tidak semuanya dapat diubah menjadi kerja berguna, selalu terjadi kerugian.

$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{Q_{41}}{W_{12}} \\
 &= \frac{104,68}{23,15} \\
 &= 4,5
 \end{aligned}$$

Hasil unjuk kerja sistem refrigrasi ini nilainya harus diatas 1.

Analisa Biaya Pembuatan

1. Biaya Bahan Baku

a. Biaya Komponen Utama Mesin

Komponen utama mesin berperan penting dalam pembuatan alat peraga perawatan perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) tersebut, karena alat ini berfungsi sebagai pendukung untuk mengajar. Sebagaimana fungsi dari alat tersebut sebagai alat praktikum. Adapun komponen utama mesin dan biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) adalah sebagai berikut:

b. Biaya komponen pendukung dan bahan.

c. Biaya bahan pengecatan

2. Biaya permesinan

Total biaya sewa permesinan dan operator selama dua puluh satu hari yaitu Rp. 150.000,-

3. Biaya operasional

Biaya operasional yang dikeluarkan meliputi:

a. Biaya transportasi = total biaya transportasi selama dua puluh satu hari = Rp. 100.000,-

b. Biaya konsumsi = jumlah hari x biaya konsumsi perhari = 21 x Rp. 20.000,- = Rp. 420.000,-

Maka jumlah biaya operasional yaitu = Biaya transportasi + Biaya konsumsi = Rp.100.000 + Rp. 420.000 = Rp. 520.000,-
 Dari beberapa biaya diatas, maka total biaya pembuatan alat adalah sebagai berikut:

Biaya bahan baku	Rp. 3.381.650,-
Biaya permesinan	Rp. 150.000,-
Biaya operasional	Rp. 520.000,-
Total biaya pembuatan alat	Rp. 4.051.650,-

4. Biaya Perencanaan

Biaya perancangan dalam pembuatan alat ini diambilkan 15% dari biaya bahan baku dan biaya pemesanan, jadi perhitungannya adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya perancangan} &= 15 \% \times (\text{total biaya pembuatan alat}) \\
 &= 15 \% \times (\text{Rp.4.051.650,-}) = \text{Rp.607.747,-} \text{ dibulatkan menjadi Rp.608.000,-}
 \end{aligned}$$

Penentuan Harga Jual Alat.

Besarnya biaya produksi alat adalah sebagai berikut:

1. Biaya pembuatan	Rp.4.051.650,-
2. Biaya perencanaan	Rp. 608.000,-
Sehingga besarnya biaya total produksi diperoleh	Rp.4.659.650,-

Perhitungan harga jual alat

Harga jual alat dapat diketahui berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

1. Keuntungan yang direncanakan (EAT) Rp. 1.000.000,-

2. Pajak (T) 10 %

3. Bunga pinjaman bank 1,5 % perbulan

$$\text{Sales} = X$$

$$T_c = \text{Rp.4.659.650,-}$$

$$\text{EBDIT} = (X - \text{Rp.4.659.650,-})$$

$$D = 0$$

$$\text{EBIT} = (X - \text{Rp.4.659.650,-})$$

$$I = 1,5 \% \times \text{Rp.4.659.650,-}$$

$$\text{EBT} = (X - \text{Rp.4.659.650,-})$$

$$T = 10\% \times (X - \text{Rp.4.659.650,-})$$

$$\text{EAT} = (X - \text{Rp.4.659.650,-}) 10\% \times \text{Rp.4.659.650,-}$$

$$= 0,9x (X - \text{Rp.4.659.650,-})$$

$$= 0,9X - \text{Rp. 4.193.685,-}$$

$$\text{EAT dirumuskan} = \text{Rp.1.000.000,-}$$

Dari EAT diinginkan Rp. 1.000.000,-

Sehingga didapatkan perhitungan harga jual sebagai berikut :

$$0,9X = \text{Rp.}1.000.000,- + \text{Rp.} 4.193.685,-$$

$$0,9X = \text{Rp.}5.193.685,-$$

$$X = \text{Rp.}5.770.076,-$$

Maka harga jual per unit alat adalah dilakukan pembulatan Rp. 5.770.000,-/unit

Perhitungan Break Event Point (BEP).

Break Event Point adalah kondisi dimana harga jual sama dengan harga produksi atau biasa disebut titik impas. Berikut adalah perhitungan dari titik impas tersebut:

1. Biaya tetap (F_c) ditentukan dari harga jual alat yaitu Rp.5.770.000,-/unit
2. Biaya tidak tetap (V_c) ditentukan dari tingkat produktifitas atau tingkat aktifitas yang dilakukan. Ditentukan besarnya biaya perubahan adalah besarnya biaya perawatan rutin yaitu Rp. 50.000,-
3. Biaya pemasukan (P) ditentukan dari biaya sewa alat peraga tersebut yaitu Rp.250.000,-/sewa

Dari ketiga perincian biaya tersebut, maka diperoleh BEP alat peraga sebagai berikut :

$$\text{BEP} = \frac{F_c}{P - V_c}$$

$$\text{BEP} = \frac{5.770.000}{250.000 - 50.000}$$

$$\text{BEP} = 28,85 \text{ operasi} \sim 28 \text{ operasi}$$

Jadi dengan 28 kali penyewaan atau pengoperasian maka BEP sudah terpenuhi

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) ini dapat disimpulkan sebagai berikut; Mendesain alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil (*car air conditioner installation maintenance trainer*) dan Total biaya pembuatan alat sebesar Rp. 4.051.650,-

,sedangkan harga jual per unit alat adalah dilakukan pembulatan Rp.5.770.000,-.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, H (2010). Pengertian AC <http://iptech.wordpress.com>. Di akses pada tanggal 09 juli 2012
- Anonim. 1996. *New Step 1 Training Manual*. Jakarta : Toyota Astra Motor (Buku)
- Arora, C.P, *Refrigeration and conditioning*, Mc. Graw Hill International Editions, Second Edition, 2001 (Buku)
- Eka Yogaswara & Rahmat Mansyur, *Refrijerasi*, CV Arfindo Raya, Bandung, 2008. (Buku)
- Hendra, P.H (2010). Makalah Sistem AC Pada Mobil. <http://www.scribd.com/doc/33009874/>. Di akses tanggal 08 juli 2012
- Johan, M.G (2009). Cara Kerja AC mobil. <http://www.scribd.com/doc/33620989/Cara-Kerja-AC-Mobil>. Di akses pada tanggal 15 juli 2012
- Kusnan, K.W. (2010) Dasar AC <http://www.scribd.com/doc/68739385/DASAR-AC> . Di akses pada tanggal 15 juli 2012
- Michael J.Moran & Howard N. Shapiro, *Termodinamika Teknik*, Jakarta: Erlangga, 2004. (Buku)
- Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia - www.energyefficiencyasia.org 2006 (Buku)
- Robert J. Kodoatie (2005), Analisis Ekonomi Teknik, Yogyakarta, Penerbit Andi. (Buku)
- Tim Penyusun, 2006, *Modul pelatihan untuk teknisi bengkel AC mobil*, Jakarta. (Buku)

RANCANG BANGUN *BELT CONVEYOR TRAINER* SEBAGAI ALAT BANTU PEMBELAJARAN

Rudianto Raharjo

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri

Raharjo_rudianto@yahoo.co.id

Abstrak

Belt conveyor intensif digunakan di setiap cabang industri seperti industri pengecoran, industri kertas, industri makanan, industri pertambangan batubara dan sebagainya. *Belt conveyor* sendiri digunakan oleh kebanyakan industri dikarenakan *belt conveyor* memiliki kapasitas angkut yang cukup besar. Metode penelitian yang akan dilaksanakan adalah metode rancang bangun atau rekayasa dan dibagi dalam beberapa tahapan yaitu Studi literatur di dan proses perancangan *belt conveyor* (desain). Hasil yang diperoleh adalah proses perancangan meliputi: pembuatan desain gambar alat peraga perawatan belt conveyor, perancangan belt dengan $S_{max} = 73$ Kg, Idler $q = 7$ Kg/m, Daya motor = 0,25 HP.

Kata Kunci : *belt conveyor, rancang bangun.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kurangnya mesin pemindah bahan akan menghambat jalannya proses produksi. Untuk itu eksistensi mesin pemindah bahan mutlak diperlukan dalam perindustrian. Tidak semua jenis mesin pemindah bahan dapat dipergunakan dalam kelancaran aktivitas industri. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan suatu mesin pemindah bahan yaitu faktor ekonomis, kondisi pabrik serta karakteristik beban muatan.

Mesin pemindah bahan yang populer di kalangan perindustrian adalah *belt conveyor*. *Belt conveyor* intensif digunakan di setiap cabang industri seperti industri pengecoran, industri kertas, industri makanan, industri pertambangan batubara dan sebagainya. *Belt conveyor* sendiri digunakan oleh kebanyakan industri dikarenakan *belt conveyor* memiliki kapasitas angkut yang cukup besar (500 sampai 5000 m³/jam atau lebih,

pemindahan barang dapat dilakukan secara kontinyu, jarak pemindahan yang cukup jauh (500-1000 m atau lebih), lintasan tetap serta bahan material yang dapat diangkut dapat berupa muatan curah (*bulk load*) atau muatan satuan (*unit load*), berat mesin relatif ringan serta pemeliharaan dan operasional yang mudah. (Zainuri, 2012)

Kemampuan ini telah menjadikan *belt conveyor* secara luas digunakan sebagai mesin pemindah bahan. Oleh karena itu, suatu media pembelajaran tentang *belt conveyor* bagi pelajar ataupun mahasiswa sangatlah penting untuk diterapkan dalam dunia pendidikan. Untuk mencapai hal tersebut, maka perancangan *belt conveyor trainer* diharapkan mampu mengatasi permasalahan di atas.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas penelitian ini adalah "Bagaimana proses perancangan *belt conveyor trainer* sebagai alat bantu proses pembelajaran?"

Batasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari permasalahan dan dapat mencapai sasaran yang diharapkan, maka penulis membatasi masalah pada:

1. Tidak membahas tentang sistem perawatan dan perbaikan *belt conveyor trainer*.
2. Hanya membahas tentang perancangan *belt conveyor trainer*.
3. Tidak membahas kekuatan sambungan *belt*.

TINJAUAN PUSTAKA

Definisi Conveyor

Conveyor merupakan suatu mesin pemindah bahan yang umumnya dipakai dalam industri perakitan maupun industri proses untuk mengangkut bahan produksi setengah jadi maupun hasil produksi dari satu bagian ke bagian yang lain. Ada dua jenis material yang dapat dipindahkan, yaitu muatan curah (*bulk load*) dan muatan satuan (*unit load*). Contoh muatan curah, misalnya batubara, biji besi, tanah liat, batu kapur dan sebagainya. Muatan satuan, misalnya: plat baja bentangan, unit mesin, *block* bangunan kapal dan sebagainya.

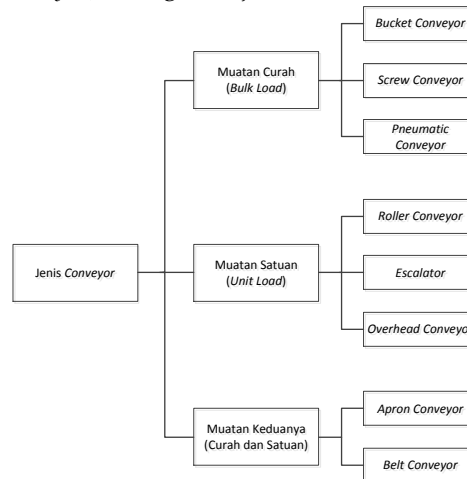
Conveyor dapat ditemukan dalam berbagai jenis keadaan di suatu industri. *Conveyor* digunakan untuk memindahkan material atau hasil produksi dalam jumlah besar dari suatu tempat ke tempat lain. *Conveyor* mungkin memiliki panjang beberapa kilometer atau mungkin beberapa meter tergantung jenis aplikasi yang diinginkan.

Jenis-Jenis Conveyor

Berdasarkan transmisi daya, mesin pemindah bahan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu:

1. *Conveyor* mekanis.
2. *Conveyor* pneumatik.
3. *Conveyor* hidraulik.
4. *Conveyor* gravitasi.

Berdasarkan jenis material yang akan dipindahkan, mesin pemindah bahan (*conveyor*) dibagi menjadi:



Gambar 1. Bagan Jenis-Jenis *Conveyor* (2012)

Pemilihan jenis mesin pemindah bahan atau *conveyor* didasarkan kepada sifat bahan yang akan dipindahkan, kapasitas peralatan, arah dan panjang pemindahan, penyimpanan material pada *head* dan *tail ends*, langkah proses dan gerakan muatan bahan serta kondisi lokal spesifik. Pemilihan juga didasarkan pada aspek ekonomi seperti biaya investasi awal dan biaya operasional (*running cost*) misalnya biaya tenaga kerja, biaya energi, biaya bahan seperti minyak pelumas, pembersihan serta biaya pemeliharaan dan perbaikan.

a. Bucket Conveyor

Bucket conveyor berfungsi untuk menaikkan muatan curah (*bulk loads*) secara vertikal atau dengan kemiringan (*incline*) lebih dari 70° dari bidang datar. *Bucket conveyor* terdiri dari puli atau *sprocket* penggerak, *bucket* yang berputar mengelilingi *sprocket* atas dan bawah, bagian penggerak, pengencang (*take-up*), *casing* dan transmisi penggerak. *Bucket conveyor* khusus untuk mengangkat berbagai macam material yang berbentuk

serbuk, butiran-butiran kecil dan bongkahan.

b. *Roller Conveyor*

Roller conveyor adalah mesin pemindah bahan jenis pemindah muatan satuan menggunakan *roller* (gelondongan) yang berputar secara terus-menerus. *Roller conveyor* merupakan sistem mesin pemindah bahan yang menangani material satu per satu. Berdasarkan jenis penggerakannya, *roller conveyor* dibedakan atas *gravity rollers* (*unpowered roller conveyor*) dan *powered roller conveyor*.

c. *Screw Conveyor*

Screw conveyor biasanya terdiri dari poros yang terpasang *screw* yang berputar dalam *trough* dan unit penggerak. Pada saat *screw* berputar, material dimasukkan melalui *feeding hopper* ke *screw* yang bergerak maju akibat daya dorong (*thrust*) *screw*. Poros dan *screw* berputar sepanjang rumah (*casing*) lintasan berbentuk U (*U-shaped*). Material yang dipindahkan diisikan ke dalam *trough* oleh satu atau lebih cawan pengisi (*feed hopper*). Bahan dikeluarkan pada ujung *trough* atau bukaan bawah *trough*.

d. *Pneumatic Conveyor*

Pneumatic conveyor atau disebut juga konveyor udara berfungsi untuk memindahkan muatan curah (*bulk load*) di dalam suatu aliran udara yang bergerak melalui pipa (*duct*). Prinsip umum semua jenis pemindahan pneumatik adalah gerak dipindahkan ke bahan oleh aliran udara yang bergerak sangat cepat. *Pneumatic conveyor* banyak digunakan di industri, seperti industri makanan dan minuman, industri obat-obatan dan sebagainya. Berbagai macam material yang dapat dipindahkan terdiri dari material kering (*dry free-flowing*) dan material bubuk (*powdered material*) seperti semen, debu batubara, butiran, alumina, apatite concentrate, ashes, kapas batubara bubuk, serbuk kayu gergajian, bahan katalis dan sebagainya.

e. *Overhead Conveyor*

Overhead Conveyor terdiri dari bagian penarik (*pulling member*) dengan troli, pembawa dan pemegang muatan, lintasan (*track*) *overhead*, penggerak, pulli pembelok (*turning pulley*) dan lintasan pengarah (*guided rail*). Bagian penarik biasanya terbuat dari rantai atau *steel rope* fleksibel yang dapat naik turun dengan adanya lintasan pembelok (*bent track*) untuk memindahkan muatan baik secara manual ataupun secara otomatis dari motor penggerak.

f. *Apron Conveyor*

Apron conveyor disebut juga (*scraper flight conveyor*) terdiri dari *frame*, penggerak, *take-up sprocket*, apron/slat, *travelling roller*, *feed hoppers*, dan *discharge spout*. *Apron conveyor* digunakan untuk memindahkan berbagai macam muatan curah dan satuan baik secara horizontal maupun membentuk sudut inklinasi. *Conveyor* ini secara luas digunakan di industri kimia, metalurgi, pertambangan batubara, industri permesinan dan banyak industri lainnya.

Pengertian *Belt Conveyor*

Belt conveyor dapat digunakan untuk memindahkan muatan satuan (*unit load*) maupun muatan curah (*bulk load*) sepanjang garis lurus atau sudut inklinasi terbatas. *Belt conveyor* secara intensif digunakan di setiap cabang industri. Dipilihnya *belt conveyor* sebagai sarana transportasi di industri adalah karena tuntutan untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya produksi dan juga kebutuhan optimasi dalam rangka mempertinggi efisiensi kerja. Keuntungan penggunaan *belt conveyor* adalah:

1. Menurunkan biaya produksi saat memindahkan pupuk.
2. Memberikan pemindahan yang terus menerus dalam jumlah yang tetap.
3. Membutuhkan sedikit ruang.

4. Menurunkan tingkat kecelakaan saat pekerja memindahkan material.
5. Menurunkan polusi udara.



Gambar 2. Belt Conveyor
Sumber: Anonymous (2013)

Belt conveyor mempunyai kapasitas yang besar (500 sampai 5000 m³/jam atau lebih), kemampuan untuk memindahkan bahan dalam jarak (500 sampai 1000 meter atau lebih). Pemeliharaan dan operasi yang mudah telah menjadikan belt conveyor secara luas digunakan sebagai mesin pemindah bahan.

Prinsip Kerja Belt Conveyor

Prinsip kerja belt conveyor adalah mentransport material yang ada di atas belt dan setelah mencapai ujung belt maka material ditumpahkan akibat belt berbalik arah. Belt digerakkan oleh drive/head pulley dengan menggunakan motor penggerak atau motor listrik. Head pulley menarik belt dengan prinsip adanya gesekan antara permukaan idler roller dengan belt, sehingga kapasitasnya tergantung gaya gesek tersebut.

Jenis-Jenis Belt Conveyor

Belt conveyor memiliki beberapa jenis berdasarkan perancangan, yaitu sebagai berikut:

1. Stationary conveyor.
2. Portable (mobile) conveyor.

Berdasarkan lintasan gerak belt conveyor diklasifikasikan sebagai :

1. Horizontal.
2. Inklinasi.

3. Kombinasi horizontal-inklinasi

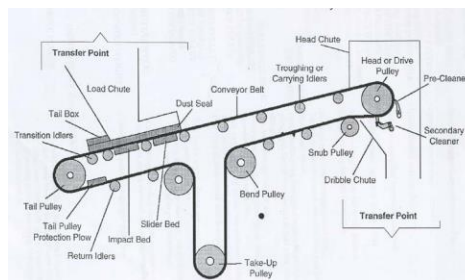
Pada umumnya belt conveyor terdiri dari: kerangka (frame), dua buah pulley yaitu pulley penggerak (driving pulley) pada head end dan pulley pembalik (take-up pulley) pada tail end, sabuk lingkar (endless belt), Idler roller atas dan Idler roller bawah, unit penggerak, cawan pengisi (feed hopper) yang dipasang di atas conveyor, saluran buang (discharge spout), dan pembersih belt (belt cleaner) yang biasanya dipasang dekat head pulley.

Spesifikasi Belt Conveyor

Belt conveyor merupakan mesin pemindah bahan material secara mekanis yang memiliki arah lintasan horisontal, miring atau kombinasi dari keduanya yang terdiri dari sabuk yang bertumpu pada beberapa roller, motor listrik serta puli sebagai penggeraknya.

Komponen Belt Conveyor

Adapun komponen-komponen utama dari belt conveyor dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Komponen Belt Conveyor
Sumber: Anonymous (2012)

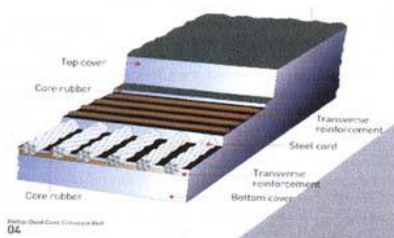
1. Belt, Belt merupakan pembawa material dari satu titik ke titik lain dan meneruskan gaya putar. Belt ini diletakkan di atas roller sehingga dapat bergerak dengan teratur. Belt dapat dibuat dari:
 - a. Textile terdiri dari : camel hair, cotton (woven atau sewed), duck cotton, dan rubberized textile belt.
 - b. Strip baja, dan atau

c. Kawat baja (*woven-mesh steel wire*).

a. *Fabric belt*

b. *Steel cord*

Steel cord adalah *belt* yang lapisan penguatnya terbuat dari serat baja yang *galvanizing*. Tujuan *galvanizing* adalah untuk mencegah terjadinya karat pada kawat akibat adanya rembesan air atau udara. *Steel cord belt* biasanya digunakan pada *conveyor* yang membawa beban berat. Pada *belt* jenis *steel cord* ini tidak terdapat lapisan penguat (*ply*). Yang ada hanya batangan kawat sling yang dirajut sedemikian rupa sehingga membentuk suatu anyaman kawat baja. Berikut dapat dilihat konstruksi dari *steel cord belt* pada gambar berikut di bawah ini.



Gambar 4. Struktur *Steel Cord Belt*

Sumber: Anonymous (2012)

Selain itu, *belt* terdiri dari beberapa bagian penting antara lain:

a. *Cover rubber*

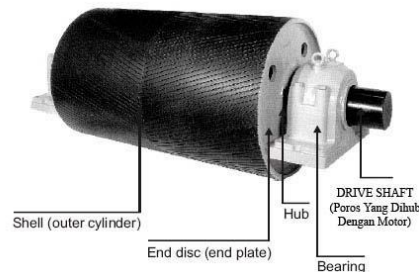
Cover rubber terdiri atas dua bagian, yaitu:

- i. *Top cover*
- ii. *Bottom cover*
- iii. *Tie rubber*
- iv. *Reinforcement* – lapisan penguat (*ply*)

2. *Head pulley*

Head pulley pada *belt conveyor* dapat juga dikatakan sebagai *pulley* penggerak dari sistem *belt conveyor*. Pada *head pulley* dipasang sistem penggerak untuk menggerakkan *belt conveyor*. *Head pulley* juga dapat

dikatakan sebagai titik dimana material akan dicurahkan untuk dikirim ke *Belt Conveyor* selanjutnya.



Gambar 5. *Head Pulley*

Sumber: Anonymous (2012)

3. *Tail pulley*

Merupakan *pulley* yang terletak pada daerah belakang dari sistem *conveyor*. Dimana *pulley* ini merupakan tempat jatuhnya material untuk dibawa ke bagian depan dari *conveyor*. Konstruksinya sama dengan *head pulley*, namun tidak dilengkapi penggerak.

4. *Carrying roller*

Merupakan *roller* pembawa karena terletak dibawah *belt* yang membawa muatan. Berfungsi sebagai penunjang *belt* dan sebagai landasan luncur yang dipasang dengan jarak tertentu agar *belt* tidak meluncur ke bawah.

5. *Return roller*

Merupakan *roller* balik atau *roller* penunjang *belt* pada daerah yang tidak bermuatan yang dipasang pada bagian bawah *fram*.

6. *Drive* (penggerak)

Berfungsi untuk menggerakkan *pulley* pada BC. Sistem penggerak ini biasanya terdiri dari motor listrik, transmisi, dan rem.

7. *Take-up pulley*

Perangkat yang mengencangkan *belt* yang kendur dan memberikan tegangan pada *belt* pada start awal.

8. *Snub pulley*

Berfungsi untuk menjaga keseimbangan tegangan *belt* pada *drive pulley*.

9. *Chute/ hopper*

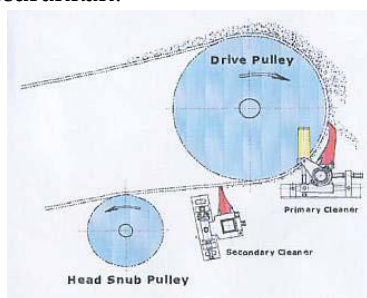
Merupakan corong yang terletak diujung depan dan belakang *conveyor belt* untuk memuat dan mencurahkan material.

10. *Skirt rubber*

Berfungsi sebagai penyekat agar material tidak tertumpah keluar dari ban berjalan pada saat muat.

11. *Chip cleaner* atau *belt cleaner*.

Berfungsi sebagai pembersih material yang terbawa oleh *belt conveyor* setelah dicurahkan.



Gambar 6. *Chip Cleaner*

Sumber: Anonymous (2012)

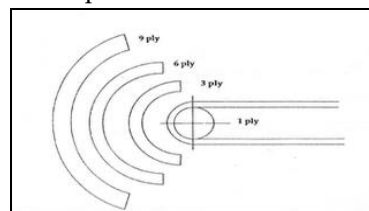
Penentuan Jumlah Ply

Pemikiran awam untuk menghadapi masalah *belt* yang sering putus adalah dengan menambah jumlah *ply*, tanpa mempertimbangkan stress yang akan terjadi pada saat *belt* berjalan melewati pully (pada titik momen) yang akan berakibat fatal. Disamping *factor stress*, *belt* akan berjalan mengambang tidak duduk dengan baik diatas *roller*. Karena dengan penambahan jumlah *ply*, maka akan menambah kekakuan *belt* secara keseluruhan. Jumlah minimum *ply* ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu:

1. Kapasitas
2. Lebar *belt conveyor*
3. Jenis *carccas*
4. Diameter pully

Jumlah *ply* yang banyak mengharuskan pemakaian diameter pully yang besar

untuk menjaga fleksibilitas *belt conveyor*. Hubungan antara jenis *carccas* dan jumlah *ply* dengan diameter *pulley* yang di sarankan dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 7. Hubungan Diameter *Pulley* Dengan Jumlah *Ply*

Sumber: Anonymous (2012)

Nilai Mulur (Elongation)

Belt conveyor akan mengalami mulur sewaktu beroperasi sebagai akibat dari sifat serat dan stress yang dialaminya. Mulur adalah pertambahan panjang *belt* dari panjang semula. Dalam pemilihan jenis *reinforcement*, yang harus di perhatikan adalah jumlah kemuluran yang akan terjadi pada waktu *belt* beroperasi beberapa saat. Nilai mulur dapat di pakai sebagai pedoman dalam menentukan posisi *take-up (counter weight)*, agar posisi *counter weight* tidak menyentuh tanah dalam waktu singkat. Pemilihan nilai mulur yang tidak tepat dapat menyebabkan penyambungan berulang-ulang karena *counter weight* menyentuh tanah, sehingga menyebabkan jadwal produksi menjadi terganggu. Besar nilai mulur pada *belt* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Perbandingan Nilai Mulur *Belt Conveyor*

Belt type	Take-Up (%)	Elongation	Distance Elastic Permanent
Steel cord (ST)	0.1 - 0.2	0.03 - 0.06	0.08 - 0.13
Nylon fabric (NN)	1.5 - 2.5	0.30 - 0.60	1.30 - 1.80
Vinylnylon fabric (VN)	0.7 - 1.1	0.20 - 0.30	0.50 - 0.80
Polyester fabric (EP)	1.0 - 1.5	0.20 - 0.50	0.50 - 1.00

Sumber: Anonymous (2012)

Pada tabel diatas diperlihatkan perbandingan nilai mulur dari berbagai jenis *reinforcement* yang umumnya dipakai dalam *belt conveyor*. Nilai mulur dinyatakan

dalam % dari jarak *center to center conveyor* (pully depan ke pully belakang). Nilai mulur elastic adalah nilai mulur yang akan terjadi pada saat *belt* start atau beroperasi. Disamping itu juga *belt* mengalami mulur permanent. Perhitungan mulur dari sebuah *belt conveyor* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Nilai mulur belt} = \frac{L \times M(\text{max})}{100}$$

Keterangan L = panjang *belt*
 M = nilai mulur permanen

Perancangan Belt Conveyor

Bentuk dari *Belt Conveyor* yang akan direncanakan memiliki arah lintasan horisantal. Perancangan *Belt Conveyor* meliputi perancangan *belt*, *roller idler* dan daya motor yang akan digunakan. Perancangan harus dihitung secara teliti dan tepat agar kerja dari *Belt Conveyor* sesuai dengan yang diharapkan.

a. Perancangan Belt

Jenis *belt* yang umum digunakan adalah *textile belt*. Berat tiap meter *rubberized textile belt* q_b , dengan lebar *belt* B meter, jumlah lapisan i lapis (*plies*) dengan tebal δ_i mm, dengan tebal *cover* atas dan bawah adalah δ_1 mm dan δ_2 mm ditentukan dari rumusan:

$$q_b \approx 1,1 B (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3) \text{ kg/m}$$

Tebal satu lapis δ tidak termasuk *rubber skin coat* adalah 1,25 mm untuk *ordinary cotton belt*, 1,9 mm untuk *high strength belt*, 2,0 mm untuk *cotton duck fabric* dan 0,9 sampai 1,4 mm untuk *synthetic fabrics*.

Tabel 2. Rekomendasi Lapisan Belt

Lebar Belt, mm	300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
Minimum dan maksimum jumlah lapisan (<i>plies</i>) i	3-4	3-5	3-6	3-7	4-8	5-10	6-12	7-12	8-12	8-12	9-14

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Sementara itu, jumlah lapisan *belt* (i) yang diperlukan ditentukan dari rumusan:

$$i > \frac{k S_{max}}{B K_t} \tag{2.2}$$

dengan S_{max} = tegangan teoritis *belt* maksimum, kg

K_t = tegangan tarik *ultimate* per cm lebar lapisan, kg/m

Ordinary Cotton Belt = 55 kg/cm

High Strength Belt = 115 kg/cm

Cotton Duck = 119 kg/cm

Synthetic Fabric = 300 kg/cm

k = faktor keselamatan

B = lebar *belt*, cm

Tabel 3. Tebal Lapisan Belt Tekstil Muatan Curah dan Satuan

Load Characteristics	Material	Cover Thickness, mm	
		Loaded Side	Return Side
Granular and powdered, non abrasive	A. Bulk loads Grain, coal dust	1,5	1
Fine-grained and small-lumped, abrasive medium and heavy ($a < 60$ mm; $\gamma < 2$ ton/m ³)	Sand, foundry sand, cement, crushed-stone, coke	1,5-3,0	1
Medium-lumped, slightly abrasive, medium and heavy weight ($a < 60$ mm; $\gamma < 2$ ton/m ³)	Coal, peat briquettes	3	1
Ditto, abrasive	Gravel, clinker, stone, ore, rock salt	4,5	1,5
Large-lumped, abrasive, heavy weight ($a < 160$ mm; $\gamma > 2$ ton/m ³)	Manganese ore, brown iron ore	6	1,5
Light loads in paper and cloth packing	B. Unit loads Parcels, packages, books	1	1
Load in soft containers	Bags, bales, packs	1,5-3	1
Loads in hard containers weighting up to 15 kg	Boxes, barrels, baskets	1,5-3	1
Ditto weighting over 15 kg	Boxes, barrels, baskets	1,5-4	1-1,5
Untared loads	Machine parts, ceramics articles, building elements	1,5-6	1-1,5

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Dari teori penggerak gesek (hukum Euler) bahwa *belt* tidak akan slip jika:

$$S_t \leq S_{sl} e^{\mu\alpha}$$

Keterangan

S_t = tegangan sisi pengencang (*tight tension*)

S_{sl} = tegangan sisi pembalik (*slack tension*)

α = sudut kontak *belt* dan *pulley* (dalam radian)

e = bilangan logaritma dasar ($e = 2,718$)

Untuk *belt* yang disangga *flat idler*, segitiga dasar $b = 0,8 B$ dan sudut segitiga $\varphi_1 \approx 0,35 \varphi$, dimana B adalah lebar *belt*, dan φ adalah sudut balik statik muatan (*static angle of the load purpose*). Luas potongan melintang muatan curah pada *flat belt* adalah:

$$A_1 = \frac{bh}{2} C_1 = \frac{0,8 B \cdot 0,4 B C_1 \tan \varphi}{2} = 0,16 B^2 C_1 \tan (0,35 \varphi)$$

Kapasitas konveyor yang disangga *flat idler* (Q_f):

$$Q_f = 3600 F_1 v \gamma = 576 B_f^2 C_1 v \gamma \tan (0,35 \varphi) \text{ ton/jam}$$

Maka lebar *belt* yang disangga *flat idler* (B_f) adalah:

$$B_f = \sqrt{\frac{Q_f}{576 C_1 v \gamma \tan (0,35 \varphi)}} \quad (2.6)$$

Belt yang disangga *trough idlers*, luas potongan melintang muatan (A):

$$A = A_1 + A_2 \approx 0,16 B^2 C_1 \tan \varphi_1 + 0,0435 B^2 = B^2 [0,16 C_1 \tan (0,35 \varphi) + 0,0435]$$

Kapasitas konveyor yang disangga *troughed idler* (Q_{tr}):

$$Q_{tr} = 3600 A v \gamma = B_{tr}^2 v \gamma [576 C_1 \tan (0,35 \varphi) + 160] = 160 B_{tr}^2 v \gamma [3,6 C_1 \tan (0,35 \varphi) + 1] \text{ ton/jam} \quad (2.8)$$

Maka lebar *belt* yang disangga *troughed idler* (B_{tr}):

$$B_{tr} = \sqrt{\frac{Q_{tr}}{160 v \gamma (3,6 C_1 \tan (0,35 \varphi) + 1)}} \quad (2.9)$$

Faktor koreksi C_1 adalah pada kemiringan konveyor $\beta = 0$ sampai 10° , $C_1 = 1,0$; $\beta = 10^\circ$ sampai 15° , $C_1 = 0,95$; $\beta = 15^\circ$ sampai 20° , $C_1 = 0,90$; $\beta \geq 20^\circ$, $C_1 = 0,85$.

Jika $\varphi = 45^\circ$, diperoleh:

$$B_f = \frac{1}{12,7} \sqrt{\frac{Q_f}{\gamma v C_1}} = \sqrt{\frac{Q_f}{160 \gamma v C_1}} \text{ m}$$

$$B_{tr} = \frac{1}{18} \sqrt{\frac{Q_{tr}}{\gamma v C_1}} = \sqrt{\frac{Q_{tr}}{324 \gamma v C_1}} \text{ m} \quad (2.10)$$

Tabel 4. Rekomendasi Kecepatan *Belt*

Bahan	Sudut Maksimum Inklinasi, β°	Bahan	Sudut Maksimum Inklinasi, β°
Briket batubara.	12	Serbuk gergaji (baru)	27
Kerikil, dicuci dan ukuran butiran sama.	12	Bubuk batu kapur	23
Bahan cetak pasir keluar dari peleburan.	24	Tanah pasir, kering	18
Bahan peleburan logam siap diolah	26	Tanah lempung	27
Hancuran batu, ukuran tidak sama	18	Bijih besi bongkah besar	18
Kokas, ukuran sama.	17	Leburan biji besi	25
Kokas, ukuran tidak sama.	18	Batubara anthracite	17
		Batubara dari pertambangan	18
		Semen	20
		Terak, batubara hancuran	22

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Tabel 5. Koefisien Tahanan *Belt* terhadap Bantalan Roll

Karakteristik Kondisi Operasional	Faktor w' untuk <i>Idler</i>	
	<i>Flat Idler</i>	<i>Trough Idler</i>
Operasional di tempat yang bersih, kering, tidak ada debu bersifat abrasif	0,018	0,020
Operasional di tempat panas, terdapat sejumlah debu yang bersifat abrasif, kelembaban udara normal	0,022	0,025
Operasional di luar ruangan, banyak debu abrasif, kelembaban udara tinggi atau sebab lain yang mempengaruhi unjuk kerja bantalan	0,035	0,040

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Tabel 6. Kecepatan *Belt* yang Disarankan

Karakteristik Muatan Curah	Bahan	Lebar <i>belt</i> , mm			
		400	500 sampai 650	800 sampai 1000	1200 sampai 1600
Kecepatan <i>belt</i> v, m/s					
Bahan non-abrasif dan abrasif, bahan pecahan	Batubara, muatan dari pertambangan, garam pasir gambut	1,0-1,6	1,25-2,0	2,0-4,0	2,0-4,0
Abrasif, bongkah kecil hingga menengah ($a' < 160$ mm)	Kerikil, bijih besi, terak (<i>slag</i>), batu hancur (<i>crushed stone</i>)	1,0-1,25	1,0-1,6	1,6-2,0	2,0-3,0
Abrasif, bongkah besar ($a' > 160$ mm)	Batu karang (<i>rock</i>), bijih besi, batu kali	-	1,0-1,6	1,0-1,6	1,6-2,0
Bahan mudah rapuh (<i>fragile</i>), penurunan ukuran karena dihancurkan dengan alat	Kokas, batubara <i>lignite</i> , arang kayu	1,0-1,25	1,0-1,6	1,25-1,6	1,6-2,0
Bahan serbuk (<i>pulverished load</i>), berdebu	Tepung semen, apatit	0,8-1,0			
Butiran (<i>grain</i>)	Beras, gandum hitam (<i>rye</i>), gandum	2,0-4,0			

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Jika *belt* bergerak pada lintasan lurus (*rectilinear section*) terhadap *idlers* akan menyebabkan *losses* karena gesekan *belt* dengan *idlers*, gesekan di dalam *bearing*

(roller atau ball bearing), dan bending pada roller.

Gaya tahanan pada bagian yang dibebani muatan:

$$W_1 = (q + q_b + q'_p) Lw' \cos \beta \pm (q + q_b) L \sin \beta$$

$$= (q + q_b + q'_p) L_{hor} w' \pm (q + q_b) H$$

Gaya tahanan pada bagian yang dibebani muatan (gerak balik):

$$W_1 = (q_b + q''_p) Lw' \cos \beta \pm q_b L \sin \beta$$

$$= (q_b + q_p) L_{hor} w' \pm q_b H$$

Dengan

- $q, q_b,$ dan q_p : berat beban (q), belt (q_b), dan bagian yang berputar loaded (q'_p), idler strands (q''_p), kg/m.
- β : sudut inklinasi conveyor terhadap bidang horizontal
- L : panjang bagian lurus (rectilinear section), m.
- L_{hor} : panjang proyeksi mendatar bagian garis lurus, m
- H : beda elevasi bagian awal dan akhir, m.
- w' : koefisien tahanan belt terhadap roller bearing.

Perancangan Idler

Idler berfungsi sebagai untuk menyangga belt, bersama dengan sheet steel runway atau kombinasi dengan solid wood terutama untuk memindahkan muatan curah. Berdasarkan lokasi, idler dibedakan atas upper idler (untuk mencegah belt slip/sobek karena membelok di puli) dan lower idler (untuk menyangga belt/muatan). Upper idler bisa jadi terdiri dari three roller, single roller.

Conveyor yang dirancang untuk membawa muatan curah (bulk load) umumnya menggunakan troughed idler dengan sisi roller di set pada sudut 20° hingga 35°. Conveyor dengan flat idler terutama digunakan untuk memindahkan muatan satuan (unit load). Flat idler hanya digunakan jika belt conveyor dilengkapi dengan saluran buang (discharge plough)

dengan kapasitas pemindahan bahan kecil (hingga 25 m³/jam). Idlers terdiri dari brackets, shell, shaft, bearing, seals, dan supporting base. Jarak idler pada zone pembebanan (loading zone) belt $l_1 \approx 0,5 l$; pada operasi balik (return run) $l_2 \approx 2l$.

Tabel 7. Jarak Idler Maksimum (2.11)

Berat Curah Muatan, ton/m ³	Jarak / terhadap lebar belt, mm						
	400	500	650	800	1000	1200	1400 to 2000
$\gamma < 1$	1500	1500	1400	1400	1300	1200	1200
$\gamma = 1$ to 2	1400	1400	1300	1300	1200	1100	1100
$\gamma > 2$	1300	1300	1200	1200	1100	1000	1000

Sumber: Ach. Muhib Zainuri (2012)

Berat idler rotating parts tergantung desain, ukuran dan merupakan fungsi lebar belt B. Umumnya, untuk lebar belt B meter, secara kasar berat idler rotating parts:

1. Untuk troughed idler.

$$G'_p \approx 10 B + 7 \text{ kg}$$

2. Untuk flat idler.

$$G'_p \approx 10 B + 3 \text{ kg}$$

Sehingga berat idler rotating parts per meter adalah:

$$q'_p = \frac{G'_p}{l_1} \text{ kg/m}$$

$$q''_p = \frac{G''_p}{l_2} \text{ kg/m} \tag{2.15}$$

Perancangan Daya Motor

Motor merupakan komponen yang paling penting dalam belt conveyor. Tanpa adanya motor, maka belt conveyor tidak dapat berfungsi atau dijalankan. Dalam perancangan daya motor sebelumnya harus diketahui terlebih dahulu tentang tegangan efektif akibat tarikan (W_0). Dengan mengabaikan gesekan pada deflecting roller dan jumlah roller maka tarikan belt:

1. Tarikan S_1 pada titik 1, dimana belt meninggalkan pulley penggerak = S_1 .

2. Tarikan S_2 pada titik 2:

$$S_2 = S_1 + W_{1,2} = S_1 + (q_b + q''_p) L.w'$$

3. Tarikan S_3 pada titik 3, tahanan gesek pulli (pada sprocket dan drum) berkisar antara 5 hingga 7% sehingga:

$$S_3 = 1,07 . S_2$$

4. Tarikan pada titik 4, dihitung untuk dua kasus, yaitu (1) dengan dipasangnya *discharge plough* (S'_4) dan (2) material langsung dijatuhkan di ujung *tail pulley* (S''_4).

a. Untuk kasus 1:

$$S'_4 = S_3 + W'_{3,4} + W_{pl}$$
 (2.18)

b. Untuk kasus 2:

$$S''_4 = S_3 + W''_{3,4}$$
 (2.19)

Jika *pulley* berfungsi roda gigi pengencang dan penggerak *conveyor*, maka besar tahanan 3 - 5% dari jumlah tegangan, sehingga:

$$W_{dr} \approx 0,03 (S_4 + S_1)$$
 (2.20)

Tegangan efektif akibat tarikan (W_o)

$$W_o = S_4 - S_1 - W_{dr}$$
 (2.21)

Daya motor penggerak (N)

$$N = \frac{W_o v}{102 \eta_g}$$
 (2.22)

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang akan dilaksanakan adalah metode rancang bangun atau rekayasa dan dibagi dalam beberapa tahapan antara lain:

1. Studi literatur

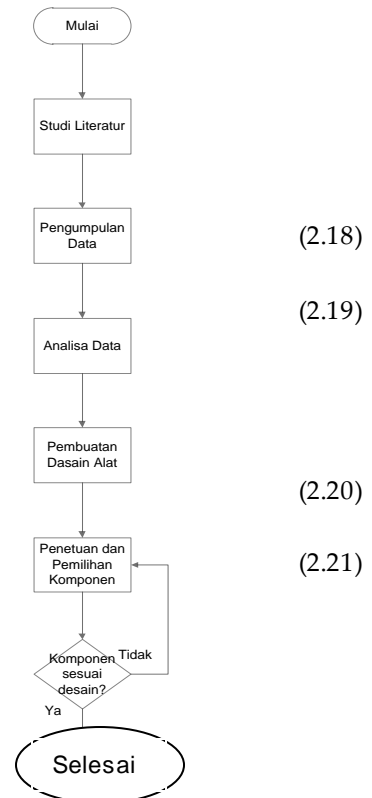
Studi literatur di sini menitik beratkan pada teori-teori tentang *belt conveyor*. Hal-hal berhubungan sebagai berikut:

- Studi tentang *belt*
- Studi tentang *idler*
- Studi tentang motor

Studi literatur dilaksanakan di Perpustakaan politeknik Kediri dan internet.

2. Desain alat

Dalam proses perancangan alat peraga perawatan *belt conveyor* tersebut ditunjukkan dalam langkah-langkah perancangan sebagai berikut:



Gambar . Langkah-Langkah Perancangan

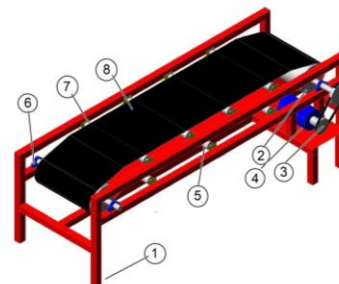
Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 3 bulan. Tempat yang di gunakan untuk penelitian yaitu : Laboratorium Catia Politeknik kediri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Desain

Dalam proses perancangan alat peraga perawatan *belt conveyor* tersebut ditunjukkan dalam gambar desain sebagai berikut



Gambar 9. Desain *pump installation maintenance trainer*

Keterangan:

1. Rangka (*Frame*).
2. *Head Pulley*.
3. Puli dan Sabuk.
4. Motor Listrik.
5. *Return Roller*.
6. Bantalan.
7. *Roller Idler*.
8. *Belt*.
9. *Tail Pulley*.

High Strength Belt = 115 kg/cm

Cotton Duck = 119 kg/cm

Synthetic Fabric = 300 kg/cm

k = faktor keselamatan

B = lebar *belt*, cm

$$S_{max} = \frac{i \cdot B \cdot K_t}{k}$$

$$S_{max} = \frac{3 \cdot 4 \cdot 55}{9}$$

$$S_{max} = \frac{3 \cdot 400 \cdot 55}{9}$$

$$= 73 \text{ kg}$$

(4.7)

Perhitungan Belt Conveyor Trainer.

Perhitungan pada perencanaan belt conveyor trainer sangat penting sebagai pedoman untuk pembuatan alat. Adapun beberapa hal yang dihitung dalam perencanaan *belt conveyor trainer* sebagai berikut:

Perhitungan Belt.

Jenis *belt* yang umum digunakan adalah *textile belt*. Sementara itu *belt* yang digunakan mempunyai lebar standar 400 mm. Berat tiap meter *rubberized textile belt* q_b , dengan lebar *belt* *B* meter, jumlah lapisan *i* lapis (*plies*) dengan tebal δ_i mm, dengan tebal *cover* atas dan bawah adalah δ_1 mm dan δ_2 mm. Maka berat *belt* adalah $q_b = 1,1 B (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3)$ kg/m

Lebar sabuk = 400 mm

Tebal lapisan sabuk (δ_2) = 1,25 mm

Tebal lapisan *top cover* (δ_1) = 1 mm

Tebal lapisan *bottom cover* (δ_3) = 1 mm

Maka berat keseluruhan dari belt adalah:

$$q_b = 1,1 \times 0,4 (1 + 1,25 + 1) \text{ kg/m}$$

$$q_b = 0,44 \times 3,25 \text{ kg/m} = 1,43 \text{ kg/m}$$

Sementara itu, jumlah lapisan *belt* (*i*) yang diperlukan ditentukan dari rumusan:

$$i > \frac{k S_{max}}{B K_t}$$

Keterangan:

S_{max} = tegangan teoritis *belt* maksimum, kg

K_t = tegangan tarik *ultimate* per cm lebar lapisan, kg/m

Ordinary Cotton Belt = 55 kg/cm

Perhitungan Idler

Idler berfungsi sebagai untuk menyangga *belt*, bersama dengan *sheet steel runway* atau kombinasi dengan *solid wood* terutama untuk memindahkan muatan curah. Berdasarkan lokasi, *idler* dibedakan atas *upper idler* (untuk mencegah *belt* slip/sobek karena membelok di puli) dan *lower idler* (untuk menyangga *belt*/muatan). Panjang *roller idler* yaitu:

$$l = B + 100 \text{ mm}$$

$$l = 400 \text{ mm} + 100 \text{ mm} = 500 \text{ mm}$$

Sementara itu jarak antar *roller idler* adalah:

a. Pada zona pembebanan

$$l_1 = 0,5 l = 0,5 \cdot 500 = 250 \text{ mm}$$

b. Pada zona balik

$$l_2 = 2l = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ mm} \tag{4.1}$$

Berat *idler rotating parts* adalah

$$G''_p = 10 B + 3 \text{ kg}$$

$$G''_p = 10 \cdot 0,4 + 3 \text{ kg} = 7 \text{ kg}$$

Sehingga berat *idler rotating parts* per meter adalah:

$$q''_p = \frac{G''_p}{l_2} \text{ kg/m} \tag{4.2}$$

$$q''_p = \frac{7}{1} \text{ kg/m} = 7 \text{ kg/m} \tag{4.3}$$

Perhitungan Daya Motor

Dengan mengabaikan gesekan pada *deflecting roller* dan jumlah *roller* maka tarikan *belt*:

1. Tarikan S_1 pada titik 1, dimana *belt* meninggalkan *pulley* penggerak

$$S_1 = 5,5 \text{ kg}$$

2. Tarikan S_2 pada titik 2:

$$S_2 = S_1 + W_{1,2} = S_1 + (q_b +$$

$$q''_p) L.w'$$

$$S_2 = 5,5 + (1,43 + 7) 2 \cdot 0,018$$

$$S_2 = 5,5 + 0,3 = 5,8 \text{ kg}$$

3. Tarikan S_3 pada titik 3, tahanan gesek pulli (pada sprocket dan drum) berkisar antara 5 hingga 7% sehingga:

$$S_3 = 1,07 \cdot S_2$$

$$S_3 = 1,07 \cdot 5,8 = 6,2 \text{ kg}$$

4. Tarikan S_4 pada titik 4:

$$S_4 = S_3 + W''_{3,4}$$

$$S_4 = 6,2 + 18,75$$

$$S_4 = 24,24 \text{ kg}$$

Jika pulley berfungsi roda gigi pengencang dan penggerak conveyor, maka besar tahanan 3 - 5% dari jumlah tegangan, sehingga:

$$W_{dr} = 0,03 (S_4 + S_1)$$

$$W_{dr} = 0,03 (24 + 5,5) = 0,893 \text{ kg}$$

Tegangan efektif akibat tarikan (W_o)

$$W_o = S_4 - S_1 - W_{dr}$$

$$W_o = 24,24 - 5,5 - 0,893 = 17,85 \text{ kg}$$

Daya motor penggerak (N)

$$N = \frac{W_o v}{102 \eta_g}$$

$$N = \frac{17,85 \cdot 1}{102 \cdot 0,7}$$

$$N = 0,25 \text{ HP}$$

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh adalah sebagai berikut, proses perancangan meliputi: pembuatan desain gambar alat peraga perawatan belt conveyor, perancangan belt dengan $S_{max} = 73 \text{ Kg}$, Idler $q = 7 \text{ Kg/m}$, Daya motor = 0,25 HP.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2013). *Bucket Conveyor*. www.alibaba.com. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.
- Anonymous. (2013). *Apron Conveyor*. www.ca.all.biz. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.

- AS Conveyor System. (2013). *Roller Conveyor*. www.asconveyorsystems.co.uk. (4.17) Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.
- Corima. (2013). *Screw Conveyor*. www.corima.info. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.
- Icanaliican. (2012). *Perencanaan Belt Conveyor*. www.slideshare.net/icanaliican. (4.18) Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.
- Indiamart. (2013). *Pneumatic Conveyor*. www.indiamart.com. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013.
- Kartolo. (1991). *Perencanaan Belt Conveyor Dengan Kapasitas 30 Ton per Jam*. Semarang: Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. (4.21)
- Mcon Conveyors Pvt Ltd. (2013). *Belt Conveyor*. www.yahoo.getit.in. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013. (4.22)
- Mishra International Group. (2013). *Overhead Conveyor*. www.mishrainternationalgroup.com. Diakses tanggal 3 Pebruari 2013. (4.24)
- Zainuri, Ach. Muhib. (2012). *Modul Teori Pesawat Pindah Bahan*. Malang

RANCANG BANGUN PUMP INSTALLATION MAINTENANCE TRAINER**Riswan Eko Wahyu Susanto dan Enggar Galih Rohmad Robiyanto**

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin - Politeknik Kediri.

Abstrak

Alat peraga perawatan instalasi pompa merupakan salah satu sarana yang digunakan untuk mendukung kegiatan dalam suatu kegiatan mengajar. Dengan menggunakan alat peraga tersebut, kegiatan mengajar akan bisa berjalan dengan baik. Hal ini sangat beralasan karena dengan alat peraga, para mahasiswa bisa mengaplikasikan teori yang diperoleh. Dalam proses pembuatan alat peraga diperlukan beberapa proses pengerjaan. Langkah-langkah proses pengerjaan itu meliputi perancangan, pembuatan dan perakitan. Dengan melakukan perancangan, perancangan adalah suatu kegiatan merancang atau mendesain suatu sistem yang baik, yang isinya adalah langkah-langkah operasi dalam proses pengerjaan dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. Dengan demikian kita bisa menentukan heat total instalasi pompa dan berapa estimasi biaya yang kita perlukan dalam pembuatan alat peraga tersebut. Alat peraga perawatan instalasi pompa merupakan salah satu jenis sarana penunjang kegiatan belajar. Alat peraga ini sangat berguna sebagai alat peraga untuk menerapkan teori dalam mata kuliah. Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, didapatkan hasil Heat total instalasi pompa 0,949 m dan kapasitas pompa 0,537 dan biaya penjualan alat peraga instalasi pompa sebesar Rp. 2.908.000,-.

Kata Kunci: Perancangan, Pembuatan, Instalasi, Pompa

PENDAHULUAN**Latar Belakang**

Dengan berkembangnya jaman di dunia modern seperti ini. Berkembang juga ilmu pengetahuan yang dapat menciptakan sebuah alat yang dapat meringankan beban manusia., Salah satunya adalah pompa. Dulu pompa dibuat pertama pertama sekitar 3000 SM. Mereka menggunakan tuas kayu di sebelah bak air, dengan penyeimbang di satu ujung dan ember di sisi lain. Ketika tiang didorong ke bawah, penyeimbang membawa ember kembali dan dikosongkan ke dalam sumur. (Carole Ann, 2012)

Pompa sentrifugal ditemukan pada akhir tahun 1600 oleh Denis Papin. Dan pada tahun 1698, Thomas Avery menemukan sebuah pompa yang dioperasikan pada uap untuk menciptakan vakum menimba air (Carole Ann, 2012).

Di jaman modern ini pompa banyak digunakan didunia industri seperti perusahaan, pertambangan, perhotelan, perkantoran serta banyak digunakan rumah tangga. Dikarenakan sangat pentingnya pompa dalam kehidupan manusia di jaman ini, perlu adanya pembelajaran tentang instalasi pompa agar fungsi serta kegunaan dari pompa tersebut tepat guna.

Berdasarkan penjelasan diatas, kami dapat menyimpulkan pentingnya sebuah alat peraga dalam memudahkan proses belajar mengajar tentang pompa. Untuk perancangan dan pembuatan instalasi pompa tersebut menggunakan sitem seri dan sistem paralel. Untuk jenis pompa yang kami gunakan dalam alat peraga ini adalah pompa air sentrifugal biasa digunakan dalam rumah tangga. Diharapkan dengan adanya alat peraga instalasi pompa tersebut mampu menambah wawasan serta mengetahui

kelebihan dan kekurangan dari perancangan dan pembuatan pompa menggunakan sistem seri dan paralel.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimana langkah-langkah Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Sebagai Alat Bantu Proses Pembelajaran?".

Batasan Masalah

Dalam proses Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Sebagai Alat Bantu Proses Pembelajaran diperlukan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Hanya membahas tentang Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
2. Hanya membahas tentang biaya Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.
3. Tidak membahas tentang perawatan pompa.

Tujuan

Tujuan dari kegiatan ini adalah Dapat membuat rancang dan Bangun *Pump Installation Maintenance Trainee*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ketempat yang lainnya melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan. Secara umum pompa berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Dalam menjalankan fungsinya tersebut pompa mengubah energi gerak poros untuk menggerakkan sudu-sudu menjadi energi tekan pada fluida. Zat cair tersebut

contohnya air, oli, minyak pelumas, atau fluida lainya yang tak mampu mampat. Industri-industri banyak menggunakan pompa sebagai salah satu peralatan bantu yang penting untuk proses produksi. (Anis *et al*, 2008)

Pada dasarnya prinsip kerja pompa adalah membuat tekanan rendah pada isap, sehingga fluida akan terhisap dan mengeluarkannya pada sisi keluar dengan tekanan yang lebih tinggi. Semua itu dilakukan menggunakan elemen penggerak pompa yaitu impeler, plunger atau piston. Untuk bekerja pompa menggunakan energi dari luar yaitu menggunakan motor listrik atau motor bakar. (Anis *et al*, 2008).

Spesifikasi Pompa

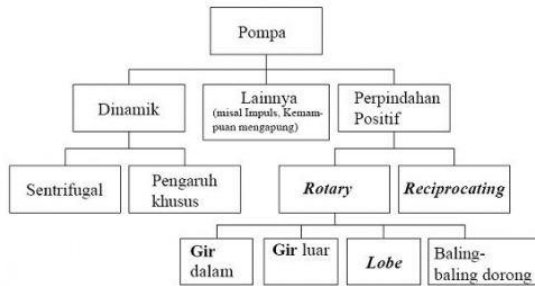
Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta *head* yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa. Selain dari pada itu, agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, perlu ditaksir beberapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada intalasinya. Atas dasar tekanan isap ini maka putaran pompa dapat ditentukan.(Sularso,2004)

Kapasitas aliran, *head*, dan putaran pompa dapat ditentukan seperti tersebut diatas. Tetapi apabila perubahan kondisi operasi sangat besar (khususnya perubahan kapasitas dan head) maka putaran dan ukuran pompa yang dipilih harus ditentukan dengan hal tersebut. Selanjutnya, untuk menentukan penggerak mula yang akan dipakai, harus lebih dahulu dilakukan penyelidikan tentang sumber tenaga yang dapat dipergunakan ditempat yang bersangkutan. (Sularso, 2004)

Jenis - Jenis Pompa

Menurut prinsip perubahan bentuk energi yang terjadi, pompa hadir dalam berbagai ukuran yang luas. Pompa dapat digolongkan menurut prinsip dan operasinya dasarnya seperti pompa pemindahan positip dan pompa dinamik pompa dibedakan

menjadi (Widya kafriati, 2008):



Gambar 1: Berbagai Jenis Pompa
Sumber: Widya kafriati, (2008)

1. Pompa Perpindahan Positif

Disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan head yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Dibawah ini adalah jenis pompa perpindahan positif diantaranya.(Hick, et al, 1971).

a. Pompa Rotari

Sebagai ganti pelewatan cairan pompa sentrifugal, pompa rotari akan merangkap cairan, mendorongnya melalui rumah pompa yang tertutup. Hampir sama dengan piston pompa torak akan tetapi tidak seperti pompa torak (piston), pompa rotari mengeluarkan cairan dengan aliran yang lancar (*smooth*). Macam-macam pompa rotari : (Hick, et al, 1971)

1. Pompa Roda Gerigi Luar
2. Pompa Roda Gerigi Dalam
3. Pompa Cuping
4. Pompa Sekrup (*Screw Pump*)
5. Pompa Baling Geser (*Vane Pump*)

b. Pompa Torak (Piston)

Pompa torak mengeluarkan cairan dalam jumlah yang terbatas selama pergerakan piston sepanjang langkahnya. Volume cairan yang dipindahkan selama 1 langkah piston akan sama dengan perkalian luas piston dengan panjang langkah. Yang termasuk dalam pompa torak adalah sebagai berikut : (Hick, et al, 1971)

- i. Pompa Daya
Pompa daya adalah pompa yang porosnya digerakan dengan daya dari

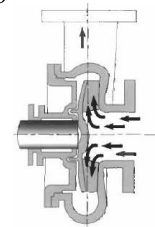
luar, daya yang dipakai biasanya adalah motor listrik dan motor bakar.

- ii. Pompa Aksi langsung
Pompa aksi langsung adalah pompa yang menggunakan energi dari luar untuk menggerakkan torak.

2. Pompa Dinamik

Pompa dinamik juga dikarakteristikan oleh cara pompa itu tersebut beroperasi impelernya yang berputar mengubah energi kinetik menjadi energi tekan atau kecepatan yang diperlukan untuk memompa fluida. (Anis, et al 2008)

Pompa Sentrifugal merupakan suatu pompa yang memiliki elemen utama sebuah motor dengan sudu impeler berputar dengan kecepatan tinggi.



Gambar 2. Pompa Sentrifugal
Sumber: Anis, et al (2008)

Pemilihan Penggerak Untuk Pompa

Penggerak mula yang dipakai untuk mengerjakan poros pompa dapat berasal dari dua macam tipe yang umum yaitu motor listrik dan motor bakar. Masing masing mempunyai keuntungan dan kerugian untuk dipakai sebagai penggerak. Di bawah ini dijabarkan keuntungan dan kelebihan dari masing-masing penggerak mula tersebut.(Anis, et al 2008)

1. Motor listrik
Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. (Anis, et al 2008)
2. Motor Torak
Motor torak adalah sebuah mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas , dan menggunakan energi panas tersebut

untuk melakukan kerja mekanik. (Anis, et al 2008)

3. Roda Gigi Transmisi

Jika putaran pompa lebih besar atau kecil dari sumber penggeraknya maka untuk memenuhi kebutuhan putaran yang pas dipasang roda gigi transmisi. (Anis, et al 2008)

4. Pompa Dengan Penggerak Turbin Angin

Turbin angin banyak dipakai sebagai penggerak pompa, khususnya pada daerah dengan kecepatan angin tinggi. (Anis, et al 2008)

Pipa

Dalam pemakaian pipa, banyak sekali diperlukan sambungan-sambungan, baik sambungan antar pipa dengan pipa maupun sambungan-sambungan antara pipa dengan peralatan yang diperlukan seperti katup (*valve*), instrumentasi, nozel (*nozzele*) peralatan atau sambungan untuk merubah arah aliran. (Raswari, 2007)

Cara Penyambungan Pipa

Dalam penyambungan pipa, cara penyambungan pipa tersebut dapat dilakukan dengan: (Raswari, 2007)

1. Pengelasan
2. Ulir (*threaded*)
3. Menggunakan flens (*flange*)
4. Menggunakan Lem

Komponen-Komponen Dalam Perpipaan, Jenis-Jenis Pipa, Dan Perlengkapannya.

Jenis-jenis pipa, Komponen dan perlengkapannya dalam pipa harus sesuai dengan spesifikasi dan standart yang telah terdaftar, dan digunakan secara internasional dan telah di buat atau dipilih sebelumnya. Pipa dan komponen yang dimaksudkan disini adalah meliputi: (Raswari, 2007)

1. Pipa-pipa (*Pipes*)
2. Jenis-jenis Flens (*flanges*)
3. Jenis-jenis katup (*Valves*)
4. Jenis-jenis alat penyambung (*Fittings*)
5. Jenis-jenis alat sambungan cubing
6. Jenis-jenis alat sambungan cabang o'let
7. Bagian khusus (*special item*)

8. Jenis-jenis gasket

1. Jenis-jenis alat penyambung (*fitting*)

pada dasarnya alat penyambung (*Fitting*) pipa ini dikelompokkan dalam dua bagian :

a. Jenis sambungan dengan pengelasan :

- 1) 45 derajat *elbow*
- 2) 90 derajat *elbow*
- 3) 180 derajat *elbow*
- 4) *Concentric reducer* (pemerkecil sepusat)
- 5) *Eccentric reducer* (pemerkecil tak sepusat)
- 6) *Tee*
- 7) *Cross* (silang)
- 8) *Cap* (tutup)
- 9) *Red Tee* (pemerkecil tee)
- 10) *Swage concentric BSE* (sweg sepusat ujung bevel)
- 11) *Swage eccentric* (sweg tak sepusat ujung bevel)

b. Jenis sambungan dengan ulir

- 1) *Bushing* (paking)
- 2) *Cap* (tutup)
- 3) *Coupling*
- 4) *Red coupling* (kopling pemerkecil)
- 5) 45 derajat *elbow*
- 6) 95 derajat *elbow*
- 7) 45 derajat *lateral*
- 8) *Reducer* (pemerkecil)
- 9) *Tee*
- 10) *Red Tee*
- 11) *Cross* (silang)
- 12) *Plug* (sumbat)
- 13) *Union*
- 14) *Swage concentric* (sweg sepusat)
- 15) *Swage eccentric* (sweg tak sepusat)

c. Jenis alat sambungan cubing

- 1) *Male adapter* (jantan)
- 2) *Female adapter* (betina)
- 3) *Cap* (tutup)
- 4) *Male connection*
- 5) *Female connection*
- 6) *Plug* (sumbat)
- 7) *Male bulkhead* (jantan kepala banyak)
- 8) *Female bulkhead* (betina kepala banyak)

- 9) 90 derajat *union ellbow* (siku union 90 derajat)
 - 10) *Male* 90 derajat *ellbow*
 - 11) *Female* 90 derajat *ellbow*
 - 12) *Reducer* (pemerkecil)
 - 13) *Insert* (penyisip)
 - 14) *Union*(union)
 - 15) *Union Tee*
 - 16) *Red union* (union pemerkecil)
 - 17) *Union cross*
- d. Jenis-jenis alat sambungan cabang berupa olet :
- 1) *Elbowlet* (letakan siku)
 - 2) *Latrolet* (olet lateral)
 - 3) *Sweepolet* (olet corong)
 - 4) *Sockolet* (olet sock)
 - 5) *Threadolet* (olet ulir)
 - 6) *Weldolet* (olet las)

Kontruksi Sambungan

Dalam kontruksi sambungan perpipaan untuk jenis sambungan dengan cara pengelasan dapat dilakukan dengan: (Raswari, 2007)

1. Sabungan langsung (tanpa penguat)
2. Sabungan dengan Penguat
3. Sambungan menggunakan alat penyambung (*fitting*).
4. Sambungan pipa cabang dengan menggunakan *O'let*.

Sistem Perpipaan Dan Detail

Pada dasarnya sistem pipa dan detail untuk setiap industri atau pengilangan tidaklah jauh berbeda, perbedaan-perbedaan mungkin terjadi hanya pada kondisi khusus atau batasan tertentu yg diminta pada setiap proyek. (Raswari, 2007)

Pemasangan pekerjaan perpipaan dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian sbb:

1. Pipa diatas tanah
2. Pipa dibawah tanah
3. Pipa dibawah air (didalam air)

Katup (Valves)

Salah satu komponen penting dalam sistem perpipaan adalah katup. Dibawah ini ada berbagai macam katup yang biasa

digunakan di dunia industri dan rumah tangga. (Raswari, 2007)

1. Katup pintu (*gate valves*).
2. Katup bola (*globe valves*).
3. Katup cek (*check valves*).

Ada tiga variasi pemutaran katup pintu yang bekerja cepat dan katup-katup tersebut mempunyai kegunaan khusus yaitu:

1. Katup kupu-kupu (*butterfly valve*), dengan katup tipis, ringan dipakai untuk air.
2. *Ball valve*, dipakai untuk gas
3. *Plug valve*, dipakai untuk minyak dan pelumas kental.

Alat Peraga/trainee

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar siswa lebih efektif dan efisien (Sudjana, 2002 :59).

Alat peraga dalam mengajar memegang peranan penting sebagai alat Bantu untuk menciptakan proses belajar mengajar yang efektif. Proses belajar mengajar ditandai dengan adanya beberapa unsur antara lain tujuan, bahan, metode dan alat, serta evaluasi. Unsur metode dan alat merupakan unsur yang tidak bisa dilepaskan dari unsur lainnya yang berfungsi sebagai cara atau tehnik untuk mengantarkan sebagai bahan pelajaran agar sampai tujuan

Perancangan

Perancangan adalah suatu kegiatan merancang atau mendesain suatu sistem yang baik, yang isinya adalah langkah-langkah operasi dalam proses pengerjaan dan prosedur untuk mendukung operasi sistem. (Jogiyanto. HM, 1991). Dalam menghitung perancangan ini tentang Perancangan dan Pembuatan (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Sebagai Alat Bantu Proses Pembelajaran. Hal-hal yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut:

1. Propertis Fluida

Definisi dari fluida adalah substansi yang mengalir karena antar partikel satu dengan lainnya bebas. Secara umum fluida dibagi menjadi fluida *compressible*

(mampu mampat) dan *incompresible* (tak mampu mampat). (Anis *et al*, 2008).

2. Massa Jenis

Massa jenis suatu fluida adalah massa per volume. Pada volume fluida yang tetap, massa jenis fluida tetap tidak berubah. Perumusannya adalah sebagai berikut: $\rho = \frac{m}{V}$ kg/m³.

Massa jenis fluida bervariasi tergantung jenis fluidanya. Pada kondisi atmosfer, masa jenis air adalah 1000 kg/m³, massa jenis udara 1.22 kg/m³ dan merkuri 13500 kg/m⁴. Untuk beberapa fluida massa jenisnya tergantung pada temperatur dan tekanan khususnya untuk fluida gas, perubahan keduanya akan sangat mempengaruhi massa jenis gas. (Anis *et al*, 2008).

Untuk berat jenis adalah massa jenis fluida dikalikan dengan percepatan gravitasi atau berat fluida per satuan volume dirumuskan sebagai berikut: $\gamma = \rho g$ (kg/m³)(m/s²). Adapun untuk specific gravity adalah perbandingan antara massa jenis fluida dengan massa jenis air pada kondisi standar. Pada kondisi standar (4°C, 1 atm) massa jenis air adalah $\rho = 1000$ (kg/m³). (Anis *et al*, 2008).

3. Tekanan

Jika permukaan suatu zat (padat, cair dan gas) menerima gaya-gaya luar maka bagian permukaan zat yang menerima gaya tegak lurus akan mengalami tekanan. Bila gaya yang tegak lurus terhadap permukaan dibagi dengan luasan permukaan A disebut dengan tekanan, perumusannya sebagai berikut : (Anis *et al*, 2008).

$$p = \frac{F}{A} \text{ [kg/m}^2 \text{ ; lb/ft}^2 \text{] (Anis et al, 2008).}$$

Dalam termodinamika tekanan secara umum dinyatakan dalam harga absolutnya. Tekanan absolut tergantung pada tekanan pengukuran sistem, bisa dijelaskan sebagai berikut :

- a. bila tekanan pengukuran sistem diatas tekanan atmosfer, maka: tekanan absolut (pabs)= tekanan pengukuran (pgauge) ditambah tekanan atmosfer (patm) pabs = pgauge + patm

- b. bila tekanan pengukuran dibawah tekanan atmosfer, maka : tekanan absolut (pabs) = tekanan atmosfer (patm) dikurangi tekanan pengukuran (pgauge) pabs = patm – pgauge
 1 standar atmosfer = 1,01324 x 10⁶ dyne/cm³
 = 14,6959 lb/in²
 = 10332 kg/m²
 = 1,01x10⁵ N/m² (Anis *et al*, 2008).

4. Kemampu-mampatan

Kemampumampatan (compressibility) *k* suatu zat adalah pengaruh tekanan terhadap volume suatu zat pada temperatur konstan.

5. Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah sifat fluida yang penting yang menunjukkan kemampuan fluida untuk mengalir. Fluida dengan viskositas besar (kental) lebih susah mengalir dibandingkan dengan fluida dengan viskositas kecil (encer). Adapun besar gaya yang diperlukan untuk menggeser bagian fluida adalah $F = \tau A = \mu A \frac{dv}{dy}$ = μ (Anis *et al*, 2008).

6. Head

- a. Head total pompa p

Pada persamaan bernoulli diatas sering dalam bentuk persamaan energi "Head".. Head adalah bentuk energi yang dinyatakan dalam satuan panjang "m" (SI). (Anis *et al*, 2008).

Head total pompa dapat dituliskan sebagai berikut: $H = H_a + \Delta h_p + h_i + \frac{V^2}{2g}$ (Sularso, 2008)

Dimana H: Head total pompa (m)

H_a : Head statis total (m)

$\frac{V^2}{2g}$:Head ini adalah perbedaa tinggi antar muka air disisi keluar dan disisi isap; tanda positif(+) dipakai apabila muka air disisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap.

Δh_p : perbedaan head tekan yang bekerja pada permukaan air (m) ,

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$$

h_i : Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan dan lain-lain (m)

$$h_i = h_{ld} + h_s$$

dimana : Head kecepatan keluar (m)
 g : Percepatan gravitasi (=9,8 m/s²).

b. Head Kerugian

Head kerugian yaitu head untuk mengatasi kerugian-kerugian terdiri atas head kerugian gesek didalam pipa, dan head kerugian didalam belokan-belokan dan katup-katup.

i. Head kerugian gesek dalam pipa

Untuk menghitung kerugian gesek didalam pipa dapat menggunakan rumus dibawah ini:

$$v = C R \frac{dV}{dy} \text{ atau } h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{v}{2g} \frac{\rho g}{n} \quad (1) \frac{dv}{dy}$$

(Sularso, 2008)

Dimana v : Kecepatan rata-rata aliran didalam pompa

C, p, q : Koefisien-koefisien

R : Jari-jari hidrolik (m)

$$R = \frac{\text{Luas Penampang pipa tegak lurus aliran pipa (m}^2\text{)}}{\text{Keliling pipa atau saluran yang dibasahi (m)}}$$

S : Gradien hidrolik (m)

$$S = \frac{h_f}{L} \quad (\text{Sularso, 2008})$$

h_f : Head kerugian gesek dalam pipa (m)

λ : Koefisien kerugian gesek

g : Percepatan grafitasi (9,8 m/s²)

L : Panjang pipa (m)

D : Diameter dalam pipa (m)

Selanjutnya, untuk aliran yang laminar dan tumbulen, terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau tumbuler, dipakai bilangan Renolds:

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad (\text{Sularso, 2008})$$

Dimana Re : Bilangan Renolds (tak berdimensi)

v : Kecepatan rata-rata aliran didalam pipa (m/s)

D : Diameter dalam pipa (m)

ν : Viskositas kinematis zat cair (m²/s)

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar.

Pada $Re > 4000$, aliran bersifat tumbulen.

Pada $Re = 2300-4000$ terdapat daerah transmisi, dimana aliran dapat bersifat laminar atau tumbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

(I) Aliran laminar

Dalam hal aliran laminar, koefisien kerugian gesek untuk pipa (λ) dalam pers. (2.12) dapat dinyatakan dengan

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad (\text{Sularso, 2008})$$

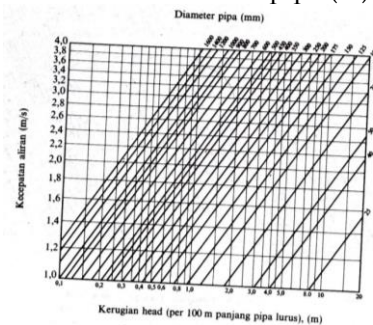
(II) Aliran tumbulen

Untuk menghitung kerugian gesek dalam pipa pada aliran tumbulen terdapat berbagai rumus empiris. Dibawah ini akan diberikan cara perhitungan dengan rumus Darcy dan Hazen-Williams.

Formula Darcy, koefien kerugian gesek λ dari persamaan (2.12)

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \quad (\text{Sularso, 2008})$$

dimana D : diameter dalam pipa (m).



Gambar 3 . Kerugian Gesek Pada Pipa Lurus
 Sumber: (Sularso, 2008)

2. Kerugian head dalam jalur pipa dalam aliran menuju jalur pipa, kerugian juga akan terjadi apabila ukuran pipa, bentuk penampang, arah alirannya berubah. Kerugian head di tempat-tempat transisi yang demikian itu dapat dinyatakan secara umum dengan rumus:

$$h_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Sularso, 2008})$$

Dimana:

v : Kecepatan rata-rata didalam pipa

(m/s)

f : Koefisien kerugian

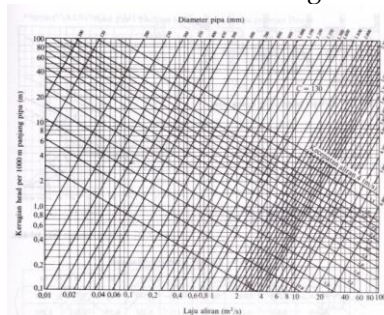
g : Percepatan gravitasi (9,8 m/s)

h_f : Kerugian head (m)

Cara menentukan harga f untuk berbagai bentuk transisi pipa akan diperinci seperti dibawah ini

a. Ujung masuk pipa

Jika “ v ” menyatakan kecepatan aliran setelah masuk pipa, maka harga koefisien kerugian f dari rumus untuk berbagai bentuk unjung masuk pipa seperti diperlihatkan dalam menurut weisbach adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Kerugian Gesek Pada Pipa Lurus
Sumber: (Sularso, 2008)

- (i) $f = 0,5$
- (ii) $f = 0,25$
- (iii) $f = 0,06$ (untuk r kecil) sampai $0,005$ (untuk r besar)
- (iv) $f = 0,56$
- (v) $f = 3,0$ (untuk sudut tajam) sampai $1,3$ (untuk sudut 45°)
- (vi) $f = f_1 + 0,3 \cos \theta + 0,2 \cos^2 \theta$
Dimana f_1 adalah koefisien bentuk dari ujung masuk dan mengambil harga (i) sampai(v) sesuai dengan bentuk yang dipakai.

Bila ujung pipa isap memakai mulut lonceng yang tercelup dibawah permukaan air.

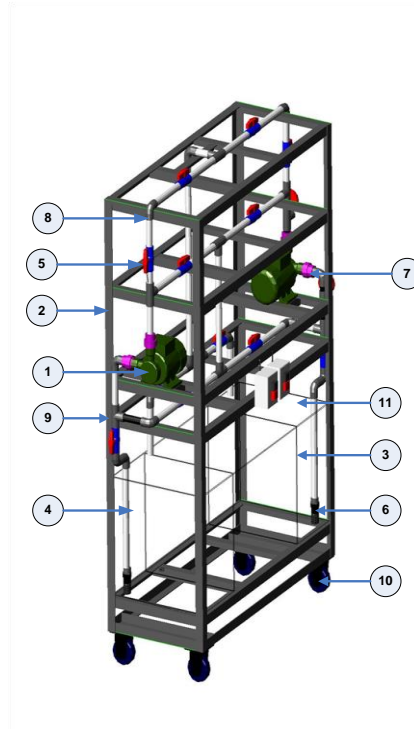
METODOLOGI

Data Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa

Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa ini terdiri dari beberapa komponen utama dan penunjang, berikut ini merupakan data komponen-komponen Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.

Komponen-Komponen Alat Peraga Instalasi Pompa

Berikut ini komponen-komponen Alat Peraga Instalasi Pompa.



Gambar 5. Komponen-Komponen Alat Peraga Instalasi Pompa

Keterangan:

- 1. Pompa
- 2. Rangka
- 3. Bak penampung
- 4. Pipa
- 5. Katup/valve
- 6. Foot valve/tusen klep
- 7. Water mur
- 8. Sambungan pipa L
- 9. Sambungan pipa T
- 10. Roda
- 11. Saklar

Identifikasi Mesin Yang Digunakan.

Pemilihan alat dan mesin yang akan digunakan dalam untuk proses pembuatan rangka dan instalasi pompa, harus benar-benar sesuai dengan kebutuhan dan pengerjaan masing-masing komponen dari proses tersebut. Jika dalam pemilihan alat tidak sesuai dengan pengerjaan yang akan dikerjakan maka proses pengerjaan akan

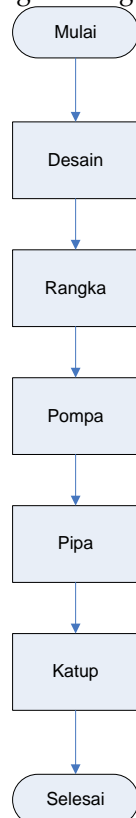
menjadi sulit dan hasil yang didapatkan pun tidak sesuai dengan apa yang diharapkan.

Jenis mesin dan peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan rangka dan instalasi perpipaan adalah sebagai berikut:

- a. Mesin Gerinda Potong
- b. Mesin Gerinda Tangan
- c. Mesin Bor Tangan
- d. Kikir
- e. Penitik

Perencanaan Kegiatan

Metode yang dikerjakan dalam Perancangan dan Pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa (*Pump Installation Maintenance Trainer*) Sebagai Alat Bantu Proses Pembelajaran, ditunjukkan melalui langkah-langkah pengerjaan. Dalam proses perancangan alat peraga perawatan instalasi pompa tersebut ditunjukkan dalam langkah-langkah perancangan sebagai berikut:



Gambar 6. Langkah-Langkah Perancangan

PROSES PEMBUATAN, HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan

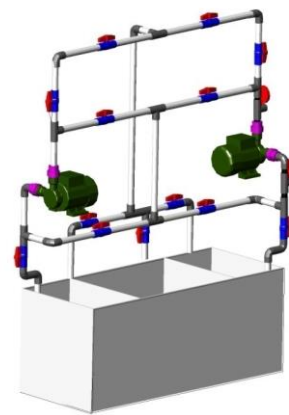
Pada proses pembuatan Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu: mempersiapkan gambar kerja, mempersiapkan bahan yang akan digunakan, mempersiapkan mesin dan alat yang akan digunakan, proses pembuatan alat yang akan dikerjakan, perakitan. Adapun langkah-langkah dalam pengerjaan sebagai berikut:

1. Persiapan Gambar Kerja

Dibawah ini adalah gambaran rancangan instalasi pompa.



Gambar 7. Instalasi Rangka



Gambar 8. Instalasi Pompa dan Pipa

2. Persiapan bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka dalam instalasi perpipaan dan penempatan pompa adalah besi profil L berlubang dengan panjang 3 m lebar 3,3 cm dan tebal 2 mm jumlah 2 batang, besi profil L berlubang dengan panjang 3 m lebar

3,3 cm dan tebal 1,5 mm jumlah 6 batang. Dan untuk sistem perpipaannya adalah menggunakan pipa $\frac{3}{4}$ dim paralon pvc dengan panjang pipa 4 m jumlah 2 batang.

3. Mesin atau alat yang digunakan
 - a. Mesin yang digunakan meliputi:
 1. Gerinda potong.
 2. Gerinda tangan.
 3. Mesin bor tangan.
 - b. Alat yang digunakan
 1. Penggores
 2. Penitik
 3. Mistar baja
 4. Mistar siku
 5. Kunci pas
 6. Kunci ring
 7. Mata bor ukuran \varnothing 6 mm dan \varnothing 10 mm
 8. Kikir datar
4. Proses pembuatan komponen
 - a. Proses pemotongan bahan
 - b. Proses pengeboran
 - c. Proses Pengikiran
5. Proses Perakitan

Dalam proses perakitan ini benda kerja yang telah dipotong sesuai dengan ukuran diatas tadi, dirakit dengan menggunakan baut ukuran 12 untuk rangka dan untuk klem penjepit pipa menggunakan baut ukuran 10. Pasangkan semua komponen dengan benar sesuai dengan tempatnya.



Gambar 9. Gambar Alat Peraga Perawatan Instalasi Pompa.

Pembahasan

Dalam pembahasan perancangan dan pembuatan alat peraga perawatan instalasi pompa hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Rangka

Untuk pembuatan rangka, ada beberapa proses yang perlu dilakukan yaitu:

 - a. Persiapan gambar kerja
 - b. Persiapan bahan, alat dan mesin
 - c. Proses pengerjaan
 - d. Inspeksi
- b. Rangkaian perpipaan

Sistem Kerja Alat Peraga Instalasi Pompa

Cara kerja dari alat peraga instalasi pompa di atas adalah sebagai berikut:

1. Rangkaian instalasi pompa kerja tunggal

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghasilkan rangkaian instalasi pompa kerja tunggal.
2. Rangkaian instalasi pompa kerja seri

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghasilkan rangkaian instalasi pompa kerja seri.
3. Rangkaian instalasi pompa kerja paralel

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk menghasilkan rangkaian instalasi pompa kerja paralel.

Perhitungan Head Total Instalasi Pompa dan Penentuan Jenis Pompa

Diketahui: D dalam pipa : 21,5 mm : 0.0215 m
 D knew : 27 mm : 0,027 m
 R knew : 1,25 mm : 0,0125 m
 L pipa : 2324 mm : 2, 324 m
 V bak luar : 25 cm x 40 cm x 41 cm : 41.000 cm³ : 41 dm³ : 41 liter
 V bak dalam : 51 cm x 40 cm x 41 cm : 83.640 cm³ : 83,64 dm³ : 83, 64 liter.
 $A \text{ pipa } : \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0215)^2 = 0,000362 \text{ m}^2$
 Viskositas kinematis (v) pada suhu 29°C : $8,23 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$

Pada percobaan penggunaan pompa, volume bak luar diisi air sebanyak 35 liter air

habis pada waktu 113 detik pada sisi isapnya dan pada sisi keluarnya 120 detik.

Ditanya: (a) head total pompa
(b) kapasitas pompa

Jawab :

$$v \text{ masuk} = \frac{v}{t.A}$$

$$= \frac{0,035 \text{ m}^3}{12 \times 3,62 \times 10^{-4}}$$

$$= 0,80 \text{ m/s}$$

$$v \text{ masuk} = \frac{v}{t.A}$$

$$= \frac{0,035 \text{ m}^3}{113 \times 3,62 \times 10^{-4}}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

$$v \text{ total} = \frac{v \text{ masuk} + v \text{ keluar}}{2}$$

$$= \frac{0,80 + 0,85}{2}$$

$$= 0,85 \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{v D}{\nu}$$

$$= \frac{0,825 \times 0,0215}{8,23 \times 10^{-7}}$$

$$= 21552,24$$

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D}$$

$$= 0,020 + \frac{0,0005}{0,215}$$

$$= 0,043$$

- i. kerugian gesek pada pipa
 $h_f = 0,16 \text{ m}$
- ii. kerugian gesek pada ujung pipa masuk
 $h_f = 0,021 \text{ m}$
 $f = 1,812$
- iii. kerugian pada sambungan knew
 $h_f = 0,0072 \text{ m}$
- iv. kerugian percabangan
 $h_f = 0,0017 \text{ m}$
- v. kerugian katup isap
 $h_v = 0,061 \text{ m}$
- vi. kerugian pada ujung pipa keluar
 $h_f = 0,034 \text{ m}$
 $h_i = h_{id} + h_{is}$

= Kerugian gesek dalam pipa + kerugian pada jalur masuk + kerugian pada belokan pipa + kerugian pada sambungan T + kerugian pada katup + kerugian pada ujung keluar pipa
= $0,16 + 0,021 + 7 \times 0,062 + 2 \times 0,0017 + 3 \times 0,016 + 0,03 = 0,7 \text{ (m)}$

vii. Head total instalasi pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_i +$$

$$= 0,157 \text{ m} + 0 \text{ m} + 0,76 \text{ m} + 0,036$$

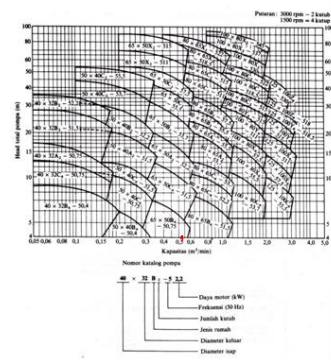
$$= 0,949 \text{ m}$$

b) kapasitas pompa

$$Q = v . A$$

$$= 0,825 \times 0,0215$$

$$= 0,537 \text{ m}^3/\text{s}$$



Gambar 10. Gambar Diagram Pemilihan Pompa.

65 X 50B₄-50,75, Diameter isap = 65, Diameter keluar = 50, Jenis rumah = B, Jenis kutup = 4, Frekwensi (50 HZ) = -5, Daya motor = 0,75 kW

Biaya Produksi

Dalam proses perhitungan biaya meliputi beberapa tahapan yaitu diantaranya total biaya pembuatan, penentuan harga jual serta pencapaian titik impas (*Break Event Point*).

Biaya Pembuatan

Biaya pembuatan yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pembelian bahan baku, biaya permesinan dan biaya operasional.

1. Biaya bahan baku.

Dari perencanaan biaya, harga bahan baku terdiri dari besi profil L, Pompa air, Pipa pvc ¾ warna putih, akuarium, baut, mur, ring dan lain – lain.

Total keseluruhan= Rp.1.502.000 ,-

2. Biaya permesinan.
Total biaya sewa permesinan dan operator selama tujuh hari Rp. 100.000,-
3. Biaya operasional.
Biaya operasional yang dikeluarkan meliputi:
 - a. Biaya transportasi = total biaya transportasi = Rp. 50.000,-
 - b. Biaya konsumsi = jumlah hari x biaya konsumsi perhari = 20 x Rp. 5.000,- = Rp. 100.000,-
 - c. Maka jumlah biaya operasional yaitu = Biaya transportasi + Biaya konsumsi = Rp. 50.000 + Rp. 100.000 = Rp. 150.000,;

Dari beberapa biaya diatas, maka total biaya pembuatan alat adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Total Biaya Pembuatan

BIAYA	HARGA
Biaya bahan baku	Rp.1.502.500,-
Biaya permesinan	Rp. 100.000,-
Biaya operasional	Rp. 150.000,-
JUMLAH	Rp. 1.752.500,-

4. Biaya Perencanaan.
Biaya perancangan dalam pembuatan alat ini diambilkan 15% dari biaya bahan baku, biaya permesinan dan biaya operasional, jadi perhitungannya adalah:
Biaya perancangan = 15% x (total biaya pembuatan alat)
= 15 % x (Rp. 1.752.500,-)
= Rp.262.875,- ibulatkan menjadi Rp.263.000,-

Penentuan Harga Jual Alat

Besarnya biaya produksi alat adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Biaya Total Produksi

BIAYA PRODUKSI	HARGA
1. Biaya pembuatan	Rp. 1.752.500,-
2. Biaya perancangan	Rp. 263.000,-
JUMLAH	Rp2.015.500,-

Perhitungan harga jual alat
Harga jual alat dapat diketahui berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

1. Keuntungan yang direncanakan (EAT) Rp. 400.000,-
2. Pajak (T)10 %
3. Bunga pinjaman bank 1,5 % perbulan
Sales = X
Tc = Rp2.015.500,-
EBDIT =(X- Rp2.015.500,-)
D=0
EBIT =(X- Rp2.015.500,-)
I =1,5 % x Rp2.015.500,-
EBT =(X- Rp2.015.500,-)
T =(10% x (X- Rp2.015.500,-)
=(X- Rp2.015.500,-) - 10% x (X- Rp2.015.500,-)
= X -0,1 X - Rp2.015.500,- + Rp201.550,-
EAT = 0.9X – Rp. 2.217.050,-
EAT dirumuskan =Rp.400.000,-

Dari EAT diinginkan Rp. 400.000,-
Sehingga didapatkan perhitungan harga jual sebagai berikut:

- $$0,9X = \text{Rp.}400.000,- + \text{Rp.} 2.217.050,-$$
- $$0,9X = \text{Rp.}2.617.050,-$$
- $$X = \text{Rp.}2.907.833,- \text{ dibulatkan menjadi } \text{Rp.}2.908.000$$
- Maka harga jual per unit alat adalah dilakukan pembulatan **Rp. 2.908.000,-/unit**

Keterangan:

- Sales = Penjualan alat
- Tc = Biaya total pembuatan alat
- EBDIT = Earning Before Depreciation, Interest, and Tax
- D = Depreciation
- EBIT = Earning Before Interest and Tax
- I = Interest
- EBT = Earning Before Tax
- T = Tax
- EAT = Earning After Tax

Perhitungan Break Event Point (BEP)

Break Event Point adalah kondisi dimana harga jual sama dengan harga produksi atau biasa disebut titik impas. Berikut adalah perhitungan dari titik impas tersebut:

1. Biaya tetap (Fc) ditentukan dari harga jual alat yaitu Rp. 2.908.000,-/unit.
2. Biaya tidak tetap (Vc) ditentukan dari tingkat produktifitas atau tingkat aktifitas yang dilakukan. Ditentukan besarnya biaya perubahan adalah besarnya biaya perawatan rutin yaitu Rp. 20.000,-
3. Biaya pemasukan (P) ditentukan dari biaya sewa alat peraga tersebut yaitu Rp.70.000,-/sewa.

Dari ketiga perincian biaya tersebut, maka diperoleh BEP berdasarkan persamaan 2.40 adalah sebagai berikut:

$$BEP = \frac{F_c}{P - V_c}$$

$$BEP = \frac{2.908.000}{70.000 - 20.000}$$

BEP = 58,16 operasi, dibulatkan menjadi 59 operasi

Jadi dengan 59 kali penyewaan atau pengoperasian maka BEP sudah terpenuhi.

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dalam Perancangan *Pump Installation Maintenance Trainer* maka langkah-langkah Perancangan dan Pembuatan *Pump Installation Maintenance Trainer* adalah sebagai berikut: Proses pembuatan meliputi pembuatan desain gambar alat peraga perawatan instalasi pompa, pembuatan rangka sebagai tempat instalasi perpipaan, pompa, dan akuarium, pembuatan instalasi perpipaan dan penyambungan katup sebagai tempat sirkulasi air, dan tempat penampungan air serta perakitan seluruh komponen instalasi pompa yang sudah dibuat. Total biaya pembuatan alat sebesar Rp. 1.752.500 ,sedangkan harga jual per unit alat adalah dilakukan pembulatan Rp. 2.908.000

DAFTAR PUSTAKA

Anis, S. ST., MT. dan Karnowo, ST., MT. (2008). *Dasar Pompa* Universitas Negeri Semarang. Semarang: PKUPT UNES.

Anonim. (2001). Office of Industrial Technologies. Pump Life Cycle Costs: A guide to LCC analysis for pumping systems.

<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/techpubsmotors.html>. Diakses tanggal 9 Mei 2012.

Anonim. (2006). Pompa dan Sistem Pemompaan.

<http://www.energyefficiencyasia.org>. Diakses tanggal 9 Mei 2012.

Ating Sudradjat, IR. MT. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.

Bell and Gossett. (2010). Parallel and Series Pump Application.

<http://www.bellgossett.com>. Diakses tanggal 2 Agustus 2012.

Hicks, T.G. P. E. dan T.W. Edwards, P. E. (1971). *Teknologi Pemakaian Pompa*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.

I Nyoman Pujawan. (2009). *Ekonomi Teknik Edisi Kedua*. Surabaya: Guna Widya.

Pompa Air Sunrise. (2012). Manual Book Pompa Air Sunrise. Indonesia.

Raswari, IR. (2007). *Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

Raswari, IR. (2007). *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).

Robert J. Kodoatie. (2005). *Analisi Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: ANDI.

Sanjaya. (2008). Pengertian Alat Peraga. <http://www.sarjanaku.com/2011/03/pengertian-alat-peraga.html>. Diakses tanggal 8 juni 2012.

Sularso, IR. MSME. dan Prof. Dr. Haruo Tahara. (2004). *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.

Tim Dosen. (2011). Perencanaan Instalasi dan Perawatan Pabrik. Kediri: Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

RANCANG BANGUN SYSTEM PIPING TRAINER SEBAGAI ALAT BANTU PEMBELAJARAN

Putut Jatmiko Dwi Prasetyo dan Moch. Ali Masyhari

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri

Abstrak

Penggunaan Alat peraga merupakan salah satu dari media pendidikan, yaitu alat untuk membantu proses belajar mengajar agar proses komunikasi dapat berhasil dengan baik dan efektif. Prinsip kerja alat peraga sistem perpipaan ini yaitu pompa mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran dalam pipa. Pembuatan alat peraga sistem perpipaan melalui beberapa tahap, yaitu tahap pembuatan kerangka, tahap pembuatan saluran pipa, tahap pembuatan bak air. Perakitan komponen-komponen alat peraga sistem perpipaan pada kerangka. Total biaya pembuatan alat peraga sistem perpipaan sebesar Rp. 2.734.500,-, sedangkan harga jual alat tersebut adalah Rp. 3.839.050,-..

Kata kunci : *pipa, kekuatan bending.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan (Mendikbud) Mohammad Nuh menargetkan pendirian 100 Politeknik baru hingga tahun 2015, sebagai upaya memenuhi kebutuhan Indonesia akan jutaan tenaga kerja terampil. Setelah meletakkan batu pertama Politeknik Negeri Madura (Poltera) di Sampang, Mohammad Nuh menjelaskan Politeknik baru adalah pilihan untuk menggenjot akses masuk perguruan tinggi dan memenuhi kekurangan *skilled workers* (Antara News, 2012).

Alat peraga merupakan salah satu dari media pendidikan, yaitu alat untuk membantu proses belajar mengajar agar proses komunikasi dapat berhasil dengan baik dan efektif (Hamzah, 1981). Alat peraga sangat membantu dalam proses pembelajaran praktik khususnya bagi mahasiswa Jurusan Teknik Mesin karena dengan alat peraga yang lebih efisien dan

didesain menyerupai benda aslinya memudahkan mahasiswa untuk mempelajarinya. Salah satu bidang dalam Teknik Mesin yang sangat penting untuk dipelajari yaitu sistem perpipaan. Alat peraga sistem perpipaan ini akan digunakan sebagai sarana proses pembelajaran.

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimana perancangan alat peraga sistem perpipaan?"

Batasan Masalah

Dalam perancangan dan pembuatan alat peraga sistem perpipaan, dibatasi beberapa persoalan sebagai berikut:

1. Fluida yang digunakan adalah air.
2. Sistem dalam kondisi tunak (*steady state*).
3. Tidak membahas mengenai perawatan alat peraga.

Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan Laporan Akhir ini sebagai berikut: “Dapat merancang alat peraga sistim perpipaan”.

TINJAUAN PUSTAKA

Alat Peraga

Alat peraga merupakan salah satu media dari pendidikan, yaitu alat untuk membantu proses belajar mengajar agar proses komunikasi dapat berhasil dengan baik dan efektif. Proses belajar mengajar ditandai dengan adanya beberapa unsur antara lain tujuan, bahan, metode dan alat, serta evaluasi. Unsur metode dan alat merupakan unsur yang tidak bisa dilepaskan dari unsur lainnya yang berfungsi sebagai cara atau teknik untuk mengantarkan sebagai bahan pelajaran agar sampai tujuan. Dalam pencapaian tersebut, peranan alat peraga memegang peranan yang penting sebab dengan adanya alat peraga ini bahan dengan mudah dapat dipahami oleh mahasiswa. Alat peraga sering disebut *audio visual* yang dapat diserap oleh mata dan telinga (Hamzah, 1981).

Landasan penggunaan alat peraga adalah *I Do, I Understand, I Know* sehingga mahasiswa tidak hanya mendengarkan materi perkuliahan saja dari dosen, agar persepsi *I Hear, I Forget* dapat diminimalkan. Dengan adanya alat peraga ini dapat berdampak positif saat proses penyampaian belajar mengajar seperti:

1. Mengembangkan dan meningkatkan kemampuan mahasiswa memecahkan masalah.
2. Mengembangkan kemampuan mahasiswa berfikir dan bertindak kreatif.
3. Meningkatkan rasa ingin tahu dan motivasi belajar mahasiswa.
4. Memperjelas informasi dalam proses belajar mengajar.
5. Meningkatkan efektivitas penyampaian.

6. Menambah pengertian nyata tentang suatu pengetahuan.

Sistem Perpipaan (*Piping*)

Piping adalah suatu sistem yang terintegrasi dengan yang lainnya dari satu dengan lainnya yang difungsikan untuk mentransportasikan fluida dari lokasi satu dengan lokasi lainnya. Dalam dunia *engineering*, pipa merupakan disiplin tersendiri sehingga diperoleh disain yang baik, material yang tepat serta fleksibilitas yang cukup (Raswari, 2007).

Komponen Sistem Perpipaan

Komponen perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi, standar yang terdaftar dalam simbol dan kode yang telah dibuat atau dipilih sebelumnya. Komponen-komponen perpipaan yang dimaksud yaitu (Raswari, 2007):

1. Pipa.

Pipa adalah benda yang digunakan untuk mengalirkan berbagai jenis fluida. (Raswari, 2007).



Gambar 1. Pipa

Sumber: Anonymous (2013)

Berikut adalah bahan-bahan pipa:

- i. *Seamless Drawing Steel Pipe* (Pipa Baja Tanpa Sambungan).
- ii. *Seamless Brown Pipe* (Pipa dari Tembaga/Kuningan).
- iii. *Lap Welded Electric Resistance Welded Steel Pipe*.
- iv. Pipa dari Timah Hitam.
- v. Pipa dari Baja Tempa atau Besi Kuningan (Besi Tempa).
- vi. Pipa *Galvanis*.
 - a. Ukuran Pipa.
Spesifikasi umum dapat dilihat pada ASTM (*American Society of Testing Materials*). Diterangkan mengenai

diameter, ketebalan serta *scedule* pipa. Diameter luar (*out side diameter*), ditetapkan sama, walaupun ketebalan (*thickness*) berbeda untuk setiap *schedule*. Diameter dalam (*inside diameter*), ditetapkan berbeda untuk setiap *schedule*. Diameter nominal adalah diameter pipa yang dipilih untuk pemasangan ataupun perdagangan (*commodity*). pipa ini dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- i. *Schedule* 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160.
- ii. *Schedule* standar.
- iii. *Schedule extra strong* (XS).
- iv. *Schedule double extra strong* (XXS).
- v. *Schedule* spesial.

2. *Flange*.

Salah satu jenis sambungan pada sistem perpipaan (pipa dengan pipa/*spooling*, pipa dengan *valves*, pipa dengan *equipment*) adalah dengan menggunakan *flange*. Hal lain yang tidak kalah penting adalah kekuatan dari *flange* yang akan digunakan. Ketahanan dari *flange* terhadap tekanan adalah berbanding terbalik dengan suhu (*pressure temperature rating*). *flange* (Suwasono, 2008).



Gambar 2. Slip On Type Flange
Sumber: Anonymous (2013)

3. *Valve*.

Dalam sistem perpipaan pemilihan valve juga sangatlah penting, karena ada berbagai jenis valve yang mempunyai kegunaan masing-masing. Berikut adalah berbagai valve yang sering digunakan (Suwasono, 2008).



Gambar 3. *Ball Valve*
Sumber: Anonymous (2013)

4. *Fitting*.

Fitting diperlukan untuk mengubah arah baik 45° maupun 90°, dan melakukan percabangan, maupun merubah diameter aliran. Ada beberapa cara penyambungan fittings, yaitu:



Gambar 4. *Butt Weld*
Sumber: Anonymous (2013)

5. *Gasket*.

Gasket merupakan komponen perpipaan yang dipasang diantara dua kontak permukaan *flange* yang berfungsi sebagai sealing untuk menghindari terjadinya kebocoran (Suwasono, 2008).

6. *Strainer*.

Strainer digunakan dalam sistem perpipaan untuk melindungi peralatan yang sensitif terhadap kotoran dan partikel lainya yang terbawa oleh fluida (Suwasono, 2008).

Pompa

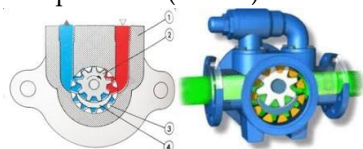
Dalam memilih suatu pompa untuk suatu maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui kapasitas aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan dipompa (Sularso et al, 2006). Selain itu, agar pompa dapat bekerja tanpa mengalami kavitasi, perlu ditaksir beberapa tekanan minimum yang tersedia pada sisi masuk pompa yang terpasang pada instalasinya. Atas dasar tekanan hisap ini, maka putaran pompa dapat dapat ditentukan. Selanjutnya, untuk menentukan penggerak mula yang akan

dipakai, harus lebih dahulu dilakukan penyelidikan tentang jenis sumber tenaga yang dapat dipergunakan di tempat yang bersangkutan. Contoh data yang umumnya diperlukan untuk memilih pompa disajikan dalam tabel berikut (Sularso et al, 2006). Menurut prinsip perubahan bentuk energi yang terjadi, pompa dibedakan menjadi (Sularso et al, 2006):

1. *Positive Displacement Pump*.

Disebut juga dengan pompa aksi positif. Energi mekanik dari putaran poros pompa dirubah menjadi energi tekanan untuk memompakan fluida. Pada pompa jenis ini dihasilkan *head* yang tinggi tetapi kapasitas yang dihasilkan rendah. Yang termasuk jenis pompa ini adalah pompa *rotari*. Berikut adalah jenis pompa *rotari*:

- a. Pompa Roda Gigi Luar.
- b. Pompa Roda Gigi Dalam.
- c. Pompa Cuping (*Lobe Pump*).
- d. Pompa Sekrup (*Screw Pump*).
- e. Pompa Baling Geser (*Vane Pump*).
- f. Pompa Torak (*Piston*).



Gambar 5. Pompa Roda Gigi Dalam
Sumber: Anonymous (2013)

2. Pompa Sentrifugal/Dynamic Pump.

Merupakan suatu pompa yang memiliki elemen utama sebuah motor dengan sudu impeler berputar dengan kecepatan tinggi. Fluida masuk dipercepat oleh impeler yang menaikkan kecepatan fluida maupun tekanannya dan melemparkan keluar volut. Berikut ini yang termasuk pompa sentrifugal:

- a. Pompa Radial.
- b. Pompa Aksial.
- c. Pompa Aliran Campuran (*Mixed Flow*).

Perancangan Alat Peraga Sistem Perpipaan

Pabrikasi pipa dapat dilakukan pada bengkel-bengkel di lapangan atau pada suatu pembuatan pipa khusus di suatu tempat lalu dikirim ke lapangan, baik melalui transportasi laut atau darat, sehingga di lapangan hanya memerlukan penyambungan saja. Hal ini menguntungkan dari segi waktu, ongkos kerja, dan pekerjaan di lapangan. Pemilihan keputusan untuk pabrikasi pipa di lapangan atau di suatu tempat luar lapangan bahkan di negara lain, memerlukan perhitungan teknis dan ekonomis secara cermat (Raswari, 2007).

Perancangan komponen yang digunakan dalam pembuatan alat peraga sistem perpipaan, menitik beratkan pada perancangan sistem. Sistem dalam hal ini adalah komponen-komponen yang dilalui oleh fluida kerja.

a. Kecepatan dan Kapasitas Fluida

Besarnya kecepatan akan mempengaruhi besarnya fluida yang mengalir dalam suatu pipa. Jumlah dari aliran fluida dinyatakan sebagai volume, berat atau massa fluida dengan masing-masing laju aliran ditunjukkan sebagai aliran volume (m^3/s), laju aliran berat (N/s) dan laju aliran massa (kg/s). Kapasitas aliran (Q) untuk fluida yang inkompressible yaitu (Soetanto, 2010):

$$Q = A \cdot v$$

Keterangan:

Q = Laju aliran volume (m^3/s).

A = Luas penampang aliran (m^2).

v = Kecepatan aliran fluida (m/s).

Laju aliran berat fluida (G) dirumuskan sebagai:

$$G = \gamma \cdot A \cdot v$$

Keterangan:

G = Laju aliran berat fluida (N/s).

γ = Berat jenis fluida (N/m^3).

Laju aliran massa (M) dinyatakan sebagai:

$$M = \rho \cdot A \cdot v$$

Keterangan:

M = Laju aliran massa fluida (kg/s).
 ρ = Massa jenis fluida (kg/m³).

b. Energi dan Head

Energi potensial adalah energi yang dimiliki oleh aliran fluida karena adanya perbedaan ketinggian fluida dengan tempat jatuhnya. Energi potensial (Ep) dirumuskan sebagai i (Soetanto, 2010):

$$E_p = W \cdot z$$

Keterangan:

W = Berat fluida (N).

z = Beda ketinggian (m).

Energi kinetik menunjukkan energi yang dimiliki oleh fluida karena pengaruh kecepatan yang dimilikinya. Energi kinetik dirumuskan sebagai (Soetanto, 2010):

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Keterangan:

m = Massa fluida (kg).

v = Kecepatan aliran (m/s).

Energi tekanan atau disebut juga energi aliran adalah jumlah kerja yang dibutuhkan untuk memaksa elemen fluida bergerak pada jarak tertentu dan berlawanan dengan tekanan fluida. Besarnya energi tekan (Ef) dirumuskan sebagai (Soetanto, 2010):

$$E_f = p \cdot A \cdot L$$

Keterangan:

p = Tekanan yang dialami oleh fluida (N/m²).

A = Luas penampang aliran (m²).

L = Panjang pipa (m).

Besarnya energi tekanan dapat juga dirumuskan sebagai berikut:

$$E_f = p \cdot \frac{W}{\gamma}$$

Keterangan:

p = Tekanan yang dialami oleh fluida (N/m²).

W = Berat fluida (N).

γ = Berat jenis fluida (N/m³).

Total energi yang terjadi merupakan penjumlahan dari ketiga

macam energi diatas, dirumuskan sebagai (Soetanto, 2010):

$$E = Wz + \frac{1}{2} \cdot \frac{Wv^2}{g} + \frac{pW}{\gamma}$$

Persamaan ini dapat dimodifikasi untuk menyatakan total energi dengan head (H) dengan membagi masing-masing variabel di sebelah kanan dengan W (berat fluida), dirumuskan sebagai (Soetanto, 2010):

$$H = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} \tag{2.4.}$$

c. Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran fluida yang mengalir di dalam pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua tipe yaitu aliran laminer dan aliran turbulen. Dalam menentukan atau mengetahui tipe aliran harus melakukan perhitungan Reynold dengan mengetahui parameter-parameter yang diketahui besarnya. Bilangan Reynold (Re) dapat dihitung dengan persamaan (Soetanto, 2010):

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu}$$

Keterangan:

ρ = Massa jenis fluida (kg/m³).

d = Diameter pipa (m).

v = Kecepatan aliran fluida (m/s).

μ = Viskositas dinamik fluida (Pa.s). (2.6.)

Karena viskositas dinamik dibagi dengan massa jenis fluida merupakan viskositas kinematik (ν) maka bilangan Reynold dapat juga dinyatakan:

$$Re = \frac{\rho d v}{\mu} \text{ sehingga } Re = \frac{d v}{\nu}$$

Aliran fluida akan laminer jika bilangan Reynold kurang dari 2000 dan akan turbulen jika bilangan Reynold lebih dari 4000. Jika bilangan Reynoldnya antara 2000-4000 maka disebut aliran transisi (Soetanto, 2010).

d. Kerugian Head (Head Loss)

Head loss adalah kerugian per satuan berat fluida dalam pengaliran cairan

dalam sistem perpipaan. *Head loss* terdiri dari (Soetanto, 2010):

1. *Mayor head loss (major losses).*

Mayor head loss merupakan kerugian sepanjang saluran pipa dinyatakan dengan rumus:

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

h_{lp} = *Mayor losses*.

f = Faktor gesekan (diperoleh dari diagram Moody).

L = Panjang pipa (m).

v = Kecepatan rata-rata cairan dalam pipa (m/s).

d = Diameter dalam pipa (m).

g = Percepatan gravitasi.

Diagram Moody digunakan untuk menyelesaikan permasalahan aliran fluida di dalam pipa dengan menggunakan faktor gesekan pipa (f). Untuk aliran laminar dimana bilangan Reynold kurang dari 2000, faktor gesekan dihubungkan dengan bilangan Reynold, dinyatakan dengan rumus:

$$f = \frac{64}{Re}$$

2. *Minor head loss (minor losses).*

Kerugian ini terjadi karena kelengkapan pipa seperti belokan, siku, katup, dan lain sebagainya. Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dirumuskan sebagai:

$$h_{lf} = \sum n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

h_{lf} = *Minor losses*.

n = Jumlah *fitting/valve* untuk diameter yang sama.

k = Koefisien gesekan.

v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa.

g = Percepatan gravitasi.

3. *Total losses*

Total losses merupakan kerugian total dari sistem perpipaan, dirumuskan sebagai:

$$h_{ls} = h_{lp} + h_{lf}$$

Atau:

$$h_l = f \cdot \frac{L_e}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan:

h_l = Total losses.

h_{lp} = Jumlah mayor losses (kerugian gesekan pipa dalam).

h_{lf} = Jumlah minor losses (kerugian pada *fitting* dan *valve*).

L_e = Panjang ekuivalensi *fitting* dan *valve* + panjang pipa.

e. **Kerugian Head di Katup**

Kerugian *head* di katup dapat ditulis sebagai berikut (Sularso, et al, 2006).

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g}$$

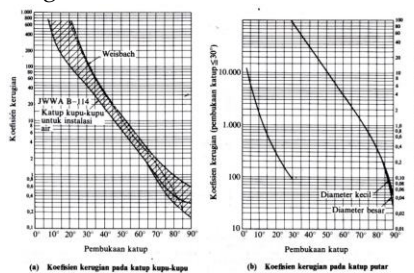
Keterangan:

v = Kecepatan rata-rata di penampang masuk katup (m/s).

f_v = Koefisien kerugian katup.

h_v = Kerugian *head* katup (m).

Harga f_v untuk berbagai jenis katup dalam keadaan terbuka penuh diberikan dalam gambar 2.32 Adapun hubungan antara derajat permukaan dan koefisien gesekan-gesekan katup utama, diberikan dalam gambar 2.31.



Gambar 7. Koefisien Kerugian Pada Katup-katup Utama

Sumber: Sularso, et al, 2006

f. **Pipa yang Dihubungkan Seri**

Pipa yang dihubungkan secara sejajar dimana laju aliran yang mengalir didalamnya sama-sama dialiri oleh aliran yang sama dapat dikatakan pipa yang dihubungkan secara seri dimana keuntungan dari sambungan model ini

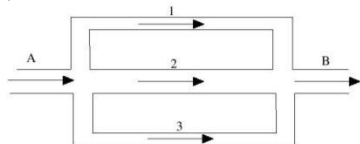
adalah fluida yang dialirkan debitnya relatif konstan (Raswari, 2007).

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= Q_1 = Q_2 = Q_3 \\
 Q_0 &= A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 \\
 \Sigma hl &= hl_1 + hl_2 + hl_3 \quad (2.33.)
 \end{aligned}$$

Persoalan aliran yang menyangkut pipa seri sering dapat diselesaikan dengan mudah dengan menggunakan pipa ekuivalen, yaitu dengan menggantikan pipa seri dengan diameter yang berbeda-beda dengan satu pipa ekuivalen tunggal. Dalam hal ini pipa tunggal memiliki kerugian *head* yang sama dengan sistem yang digantikan untuk laju aliran yang spesifik.

g. Pipa yang Dihubungkan Paralel

Pipa yang dihubungkan bercabang dimana laju aliran masuk sama dengan total laju aliran (Raswari, 2007).



Gambar 8. Pipa yang disambung Paralel
Sumber: Soetanto (2010)

Jika dua buah pipa atau lebih dihubungkan secara paralel, total laju aliran sama dengan jumlah aliran yang melalui setiap cabang dan kerugian *head* pada sebuah cabang sama dengan yang lain.

$$\begin{aligned}
 Q_0 &= Q_1 = Q_2 = Q_3 \\
 Q_0 &= A_1 V_1 = A_2 V_2 = A_3 V_3 \\
 hl_1 &= hl_2 = hl_3
 \end{aligned}$$

Kerugian *head* pada setiap cabang boleh dianggap sepenuhnya terjadi akibat gesekan atau akibat katup dan perlengkapan pipa, diekspresikan menurut panjang pipa atau koefisien *losses* kali *head* kecepatan dalam pipa.

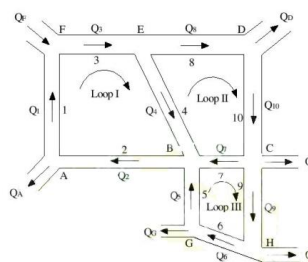
$$\begin{aligned}
 \left(f_1 \frac{L_1}{d_1} + \Sigma K_{L1} \right) \frac{v_1^2}{2g} &= \left(f_2 \frac{L_2}{d_2} + \Sigma K_{L2} \right) \frac{v_2^2}{2g} = \\
 \left(f_3 \frac{L_3}{d_3} + \Sigma K_{L3} \right) \frac{v_3^2}{2g} &= \dots
 \end{aligned}$$

Diperoleh hubungan:

$$\frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{(f_1 L_1/d_1) + \Sigma kL_1}{(f_2 L_2/d_2) + \Sigma kL_2}}$$

h. Sistem Jaringan Pipa

Pada loop dibawah ini laju aliran massa yang masuk sama dengan total laju aliran massa yang keluar. Dapat diasumsikan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 9. Jaringan Pipa
Sumber: Soetanto (2010)

Untuk sebuah *loop* tertentu dalam sebuah jaringan misalnya Q adalah laju aliran sesungguhnya dan laju aliran setimbang dan Q₀ adalah laju aliran yang diandaikan sehingga Q = Q₀ + ΔQ. Dari persamaan Hazen-Williams hl = nQ^x, maka fungsi Q dapat dikembangkan dalam deret Taylor sebagai:

$$f(Q + \Delta Q) = f(Q) + \Delta Q \frac{df(Q)}{dQ} + \dots$$

jika hanya orde pertama yang digunakan, kemudian ΔQ dihitung dengan f(Q) = Σhl, maka

$$\Delta Q = \frac{\Sigma hl}{\Sigma dh/dQ} = - \frac{\Sigma nQ_0^x}{\Sigma nQ_0^{x-1}} = -$$

$$\frac{1,85 \Sigma hl}{Q_0} \quad (2.34.)$$

harga x adalah eksponen dalam persamaan Hazen-Williams apabila digunakan untuk menghitung hl dan besarnya adalah $\frac{1}{0,54} = 1,85$ dan n menyatakan suku-suku yang terdapat dalam persamaan yang menggunakan satuan British, yaitu: $n = \frac{4,73L}{C^{1,85} d^{4,87}}$. Cara lain yang dapat digunakan adalah persamaan Darcy-Weisbach dengan x = 2 dan $n = \frac{8fl}{g\pi^2 d^5}$. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah faktor gesekan yang selalu berubah untuk setiap iterasi.

i. Pipa yang Dipasang pada Pompa

Pipa-pipa yang dipasang pada pompa dan turbin tentunya akan ada energi yang bertambah dan berkurang. Bila pipa dipasangkan dengan pompa maka akan ada penambahan energi sebesar H_p dan bila dipasangkan dengan turbin akan ada pengurangan energi sebesar H_p . Untuk menyelesaikan persoalan diatas digunakan persamaan Bernoulli (Soetanto, 2010).

1. Pipa yang dipasang pada pompa.

Head yang dibutuhkan tersebut dirumuskan sebagai:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H_L$$

Atau

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_L$$

Keterangan:

$\frac{P_2 - P_1}{\gamma}$ adalah perbedaan *head* tekanan.

$\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ adalah perbedaan *head* kecepatan.

$Z_2 - Z_1$ adalah perbedaan *head* statis.

H_L adalah *head losses* total.

Untuk menghitung besarnya daya yang dibutuhkan pompa, sebagai berikut:

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H_p$$

Keterangan:

P = Daya pompa (w).

γ = Berat jenis fluida (N/m^3).

Q = Laju aliran fluida (m^3/s).

H_p = *Head* pompa (m).

Perencanaan Biaya

Biaya adalah pengorbanan sumber ekonomi yang diukur dalam satuan uang yang terjadi atau kemungkinan telah terjadi untuk tujuan tertentu dalam pembuatan alat (Mulyadi, 1993). Biaya produksi adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap untuk dijual. Menurut objek pengeluarannya biaya produksi ini dibagi menjadi:

1. Biaya Bahan Baku.
2. Biaya Tenaga Kerja.
3. Biaya Permesinan.
4. Biaya Perakitan.

Rumusan yang dipakai untuk menentukan harga jual alat yaitu (Kodotie, 2005):

- Sales = X.
- T_c = Total cost.
- EBDIT = Earning before depreciation interest and taxes.
- D = Depresiation.
- EBIT = Earning before interest and taxes.
- I = Interest.
- EST = Earning before taxes.
- T = Taxes.
- EAT = Earning after taxes.

Break Event Point

Break Event Point (BEP) adalah suatu keadaan dimana dalam suatu operasi perusahaan tidak mendapat untung maupun rugi atau impas, penghasilan sama dengan total biaya (Kodotie, 2005).

Untuk dapat menganalisa BEP diperlukan penggolongan berbagai biaya menurut sifatnya. Menurut sifatnya pembayarannya dibagi menjadi dua macam yaitu (Kodotie, 2005):

1. Biaya Tetap (*Fixed Cost*).
Biaya tetap adalah biaya yang relatif tidak berubah atau tidak tergantung pada volume produksi maupun tingkat aktifitas yang dilakukan. Yang termasuk biaya tetap adalah biaya perencanaan, biaya produksi, dan biaya pembuatan gedung perusahaan.
2. Biaya Tidak Tetap.
Biaya tidak tetap adalah biaya yang pada umumnya berubah seiring dengan perubahan jumlah produksi yang dilakukan perusahaan. Contoh yaitu biaya bahan baku, biaya pemmesinan, dan biaya operator.
3. Biaya Semi Variabel.
Biaya semi variabel merupakan gabungan dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Akan tetapi biaya semi

variabel ini tidak digunakan dalam perhitungan nilai BEP, contohnya yaitu biaya komisi yang diberikan kepada *salesman*.

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai BEP sebagai berikut (Kodotie, 2005):

$$BEP = \frac{F_c}{P - V_c} \tag{2.61.}$$

Keterangan:

F_c = Biaya tetap (Rp).

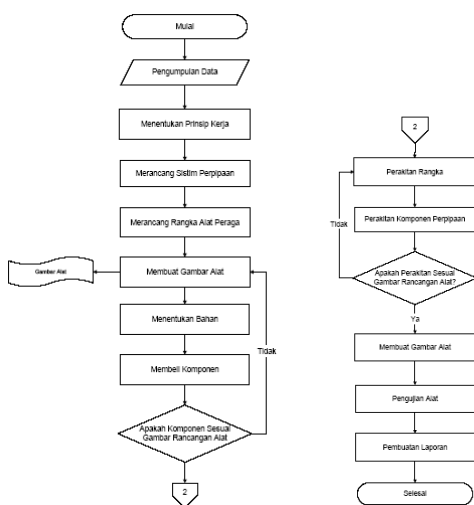
P = Harga jual per unit (Rp).

V_c = Biaya tidak tetap (Rp).

METODE PENELITIAN

Tahapan Pelaksanaan

Tahapan langkah pelaksanaan pembuatan alat peraga ditunjukkan pada diagram alir pelaksanaan seperti gambar.



Gambar 10. Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

Dalam diagram alir diatas terdapat beberapa tahapan yaitu:

1. Pengumpulan data.

Pengumpulan data merupakan tahap awal yang bertujuan untuk memperoleh dasar-dasar teori untuk memperoleh informasi pendukung yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini. Pengumpulan data ini dapat diperoleh

dari buku-buku, jurnal-jurnal maupun internet.

2. Perancangan dan pembuatan alat.

Pada tahap ini dilakukan perancangan sistim dari hasil pengumpulan data sehingga data tersebut dapat dijadikan sebagai acuan dalam proses perancangan ini. Perancangan alat peraga ini terlebih dahulu membuat gambar model melalui *autocad* untuk mendapatkan hasil simulasinya.

3. Proses perakitan.

Pada tahap ini dilakukan perakitan komponen-komponen alat peraga sistim perpipaan baik perakitan kerangka, sambungan pipa dan juga penentuan pompa.

4. Pengujian alat dan pembuatan laporan.

Pada tahap ini alat peraga yang akan dibuat di dalam laporan akan dilakukan pengujian terlebih dahulu sekaligus menganalisa permasalahan-permasalahan yang mungkin terjadi. Adapun pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian terhadap aliran dalam pipa dan juga pompa yang digunakan.

Prinsip Kerja

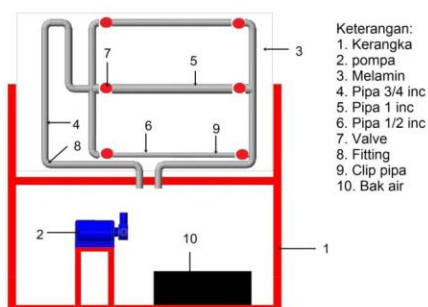
Prinsip kerja alat peraga sistim perpipaan ini yaitu pompa mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada sepanjang pengaliran dalam pipa. Pipa sebagai media mengalirnya fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain, dimana disepanjang pipa tersebut terjadi *head loss* yang disebabkan oleh:

1. Belokan pipa.
2. Pembesaran penampang pipa.
3. Pengecilan penampang pipa.
4. Percabangan dan pertemuan pipa.

Oleh karena itu dalam alat peraga ini akan membahas tentang *head loss* yang terjadi pada aliran dalam pipa.

Tahapan Perancangan

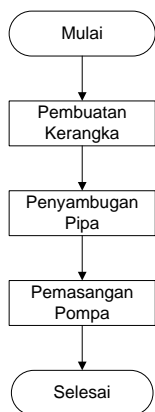
Dalam proses perancangan alat peraga sistim perpipaan terdapat tahapan antara lain perancangan alat peraga, penentuan spesifikasi komponen yang akan digunakan, serta peralatan (*tool*) yang akan membantu proses pembuatan.



Gambar 11. Rancangan Sistim Perpipaan
Sumber: Dokumentasi Penulis (2013)

Tahapan Pembuatan

Tahapan langkah pembuatan alat peraga sistim perpipaan ditunjukkan pada diagram alir pelaksanaan seperti gambar.



Gambar 12. Diagram alir Tahapan Pembuatan

Sumber: Dokumentasi Penulis (2013)

Berikut penjelasan dari diagram alir tahapan pembuatan:

1. Mulai.
2. Pembuatan Kerangka.

Dalam pembuatan kerangka ini proses penyambungannya menggunakan sambungan las.

3. Penyambungan Pipa.

Penyambungan pipa menggunakan *fitting but weld* maupun *socket weld*.

4. Pemasangan Pompa.

Penentuan pemilihan pompa harus berdasarkan perhitungan perencanaan yang sudah ditentukan (standar).

Perakitan Komponen

Perakitan merupakan tahap terakhir dalam proses perancangan dan pembuatan alat peraga, dimana suatu cara atau tindakan untuk menempatkan dan memasang komponen-komponen pada sebuah rangkaian, sehingga akan menjadi sistim alat peraga yang siap digunakan sesuai dengan fungsi yang direncanakan.

Langkah-langkah perakitan dalam pembuatan alat peraga sistim perpipaan sebagai berikut:

1. Pasang pompa pada pelat sesuai dengan lubang pipa yang telah dibuat lalu sambungkan *suction* pompa dengan pipa.
2. Pasang pipa pada *discharge* pompa.
3. Rangkai pipa sesuai rancangan yaitu percabangan, pembesaran pipa, pengecilan pipa, dan pertemuan pipa.

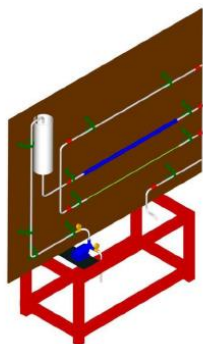
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Proses Pembuatan

Pada proses pembuatan alat peraga sistim perpipaan terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Mempersiapkan gambar kerja.
2. Mempersiapkan bahan yang akan digunakan.
3. Mempersiapkan mesin yang akan digunakan.
4. Mempersiapkan alat yang akan digunakan.
5. Proses pembuatan alat yang akan dikerjakan.

6. Proses perakitan.



Gambar 31. Perangkaian Komponen
Sumber: Dokumentasi Penulis (2013)

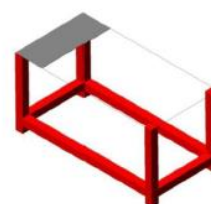
Adapun tindakan yang dilakukan untuk keselamatan kerja dalam proses pembuatan alat peraga sistem perpipaan adalah melakukan proses kerja sesuai standar K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja). Adapun langkah-langkah dalam pengerjaan sebagai berikut:

1. Persiapan Gambar Kerja.
Tahapan ini merupakan tahapan awal dalam proses pengerjaan pembuatan rangka dan instalasi sistem perpipaan. Persiapan ini sangatlah penting karena gambar kerja diperlukan untuk pemahaman proses pembuatan alat tersebut.
2. Persiapan Bahan.
Bahan yang digunakan untuk pembuatan rangka dalam instalasi sistem perpipaan adalah besi bertipe Holo yang mempunyai dimensi panjang 4 cm, lebar 4 cm dan tebal 2 mm.
3. Mesin dan Alat yang digunakan.
Mesin yang digunakan dalam proses pembuatan alat peraga sistem perpipaan sebagai berikut:
4. Proses Pembuatan.
Dalam proses pembuatan alat peraga sistem perpipaan dibedakan menjadi 3 bagian yaitu:
 - a. Rangka, dalam proses pembuatan rangka langkah-langkah yang dilakukan adalah:
 - i. Pemotongan besi holo.

Untuk ukuran besi holo yang digunakan untuk rangka adalah 100 cm 2 buah, 70 cm 2 buah, 50 cm 4 buah, 20 cm 2 buah.

ii. Pemotongan besi L.

Untuk ukuran pemotongan besi L yang digunakan untuk tempat bak air adalah 180 cm 2 buah. Sedangkan besi L yang digunakan untuk tempat pompa 70 cm 4 buah dan 50 cm 2 buah.



Gambar 14. Rangka Alat Peraga
Sumber: Dokumentasi Penulis (2013)

b. Pipa.

Dalam pembuatan alat peraga sistem perpipaan ini pipa yang digunakan adalah pipa besi oleh karena itu perlu dilakukan penguliran pada setiap ujung pipa untuk proses penyambungan pipa satu dengan yang lainnya. Proses penguliran dilakukan menggunakan mesin bubut dengan ukuran ulir $W \frac{3}{4} \times 11$ yang artinya: W = simbol ulir *Whithwort*, $\frac{3}{4}$ = Diameter benda kerja dalam inchi, 11 = Jumlah gang per-inchi sudut puncak ulir 55.

c. Bak air.

Bak air dibuat dari plat dengan tebal 2 mm dengan ukuran panjang 80 cm, lebar 52 cm dan tinggi 20 cm. Dalam proses penyambungannya menggunakan las SMAW (*Shield Metal Arc Welding*).

5. Proses Perakitan.

Proses selanjutnya setelah proses pembuatan adalah proses perakitan yaitu merangkai bagian-bagian sesuai dengan gambar perencanaan. Dan selanjutnya pemasangan pompa.

Analisa Data Sistem Perpipaan

Alat peraga sisitem perpipaan dibuat dengan tujuan untuk alat bantu proses pembelajaran khususnya untuk mengetahui kerugian mayor dan minor pada sistem perpipaan. Berikut adalah analisa sistem perpipaan:

1. Kecepatan dan Kapasitas Fluida.

Diketahui:

Q = Laju aliran volume (m³/s).

A = Luas penampang aliran (m²).

v = Kecepatan aliran fluida (m/s).

Berdasarkan persamaan (2.1)

$$Q = A \cdot v$$

Asumsi:

a. Untuk pipa 1 inchi.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0005}{0,0005}$$

$$v = 1 \text{ m/s}$$

b. Untuk pipa ¾ inchi.

$$v = \frac{0}{0}$$

$$v = 2,5 \text{ m/s}$$

c. Untuk pipa ½ inchi.

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$v = \frac{0,0005}{0,0001}$$

$$v = 5 \text{ m/s}$$

2. Energi dan Head.

Diketahui:

W = Berat fluida (N)

z = Beda ketinggian (m)

a. Berdasarkan Persamaan (2.4) energi potensial adalah

$$E_p = W \cdot z \tag{4.4.}$$

$$E_p = 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0 = 0.$$

b. Berdasarkan persamaan (2.5) energi kinetik adalah

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

m = Massa fluida (Kg)

v = Kecepatan aliran (m/s)

$$E_k = \frac{1}{2} \cdot 1000 \text{ Kg/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m/s} = 1250$$

3. Jenis Aliran.

Berdasarkan persamaan (2.12)

$$Re = \frac{\rho \cdot d \cdot v}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \cdot 0,019 \cdot 2,5}{0,0008}$$

$$Re = 59375$$

Karena bilangan Reynold lebih dari 4000 maka jenis alirannya adalah turbulen.

4. Kerugian Head (Head loss).

a. Berdasarkan persamaan (2.14.) kerugian mayor adalah

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

Asumsi:

i. Untuk pipa 1 inchi.

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot \frac{0,62}{0,025} \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot 24,8 \cdot 0,05$$

$$h_{lp} = 0,89 \text{ m}$$

ii. Untuk pipa ¾ inchi.

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot \frac{3,94}{0,01} \cdot \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot 394 \cdot 0,31$$

$$h_{lp} = 87,9 \text{ m}$$

iii. Untuk pipa ½ inchi.

$$h_{lp} = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot \frac{0,67}{0,01} \cdot \frac{5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lp} = 0,72 \cdot 67 \cdot 1,27$$

$$h_{lp} = 61,26 \text{ m}$$

b. Berdasarkan persamaan (2.15.) kerugian minor adalah

$$h_{lf} = \sum n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g} \tag{4.5.}$$

$$h_{lf} = 21 \cdot 135 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{lf} = 21 \cdot 135 \cdot 0,05$$

$$h_{lf} = 141,75 \text{ m}$$

5. Total losses.

Berdasarkan persamaan (2.17.) adalah

$$h_{ls} = h_{lp} + h_{lf}$$

$$h_{ls} = 14,57 + 141,75$$

$$h_{ls} = 156,32 \text{ m}$$

6. Kerugian karena pembesaran penampang secara gradual.

Berdasarkan persamaan (2.22.) adalah

$$h_f = f \left(\frac{v_1 - v_2}{2g} \right)^2$$

$$h_f = 0,72 \left(\frac{2,5 - 1}{2 \cdot 9,8} \right)^2$$

$$h_f = 0,72 (0,076)^2$$

$$h_f = 0,72 \cdot 0,005$$

$$h_f = 0,0036 \text{ m}$$

7. Pengecilan penampang pipa secara mendadak.

Berdasarkan persamaan (2.24.) adalah

$$h_f = f \frac{v_2^2}{2g}$$

$$h_f = 0,72 \frac{1^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,72 \cdot 0,05$$

$$h_f = 0,036 \text{ m}$$

8. Percabangan dan pertemuan pipa.

Berdasarkan persamaan (2.26.) adalah

$$h_{f1-3} = f_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{f1-3} = 0,72 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{f1-3} = 0,72 \cdot 0,31$$

$$h_{f1-3} = 0,223$$

$$h_{f1-2} = f_2 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$h_{f1-2} = 0,72 \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_{f1-2} = 0,72 \cdot 0,31$$

$$h_{f1-2} = 0,22$$

9. Kerugian head di katup.

Berdasarkan persamaan (2.29.) adalah

$$h_v = f_v \frac{v^2}{2g}$$

$$h_v = 0,09 \cdot \frac{2,5^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_v = 0,09 \cdot 0,31$$

$$h_v = 0,027$$

4.3. Biaya Pembuatan

Dalam pembuatan alat peraga sistem perpipaan dibutuhkan biaya untuk bahan baku, biaya pemesinan, biaya operasional, dan biaya perancangan. Berikut uraian biaya pembuatan:

1. Biaya Bahan Baku.

Biaya bahan baku meliputi:

a. Biaya komponen mesin. (4.11.)

Komponen utama mesin mempunyai peranan penting dalam pembuatan alat peraga sistem perpipaan karena komponen mesin ini berfungsi penggerak utama dalam sistem perpipaan. Adapun komponen utama sistem perpipaan sebagai berikut:

b. Biaya Komponen Pendukung dan Bahan.

Berikut rincian dana untuk komponen pendukung dan bahan.

c. Biaya Pengecatan.

2. Biaya Pemesinan.

Total biaya sewa permesinan dan operator selama dua puluh satu hari yaitu Rp.

3. Biaya Operasional.

Biaya operasional yang dikeluarkan meliputi:

a. Biaya transportasi = total biaya transportasi selama empat puluh empat hari

$$= 44 \times \text{Rp. } 5.000,-$$

$$= \text{Rp. } 220.000,-$$

b. Biaya konsumsi = Jumlah hari x Biaya konsumsi perhari

$$= 44 \times \text{Rp. } 15.000,-$$

$$= \text{Rp. } 660.000,-$$

Maka jumlah biaya operasional =

$$\text{Biaya transportasi} + \text{Biaya konsumsi}$$

$$= \text{Rp. } 220.000,- + \text{Rp. } 660.000,-$$

$$= \text{Rp. } 880.000,-$$

Dari beberapa biaya di atas, maka total biaya pembuatan alat peraga sistem perpipaan sebagai berikut:

Biaya bahan baku Rp. 1.854.500,-
 Biaya operasional Rp. 880.000,-
 Total biaya pembuatan alat Rp. 2.734.500,-

4. Biaya Perancangan.

Biaya perancangan dalam pembuatan alat peraga sistem perpipaan ini diambil 15% dari biaya bahan baku dan biaya pemesinan, jadi perhitungannya adalah:
 Biaya perancangan = 15% x (total biaya pembuatan alat)
 = 15% x (Rp. 2.734.500,-)
 = Rp. 410.175,- dibulatkan menjadi Rp. 420.000,-

4.4. Penentuan Harga Jual Alat

Berikut adalah rincian tentang harga jual alat:

1. Besarnya biaya produksi alat.
 - a. Biaya pembuatan Rp. 2.734.500,-
 - b. Biaya perancangan Rp. 420.000,-
 Sehingga besarnya biaya total produksi adalah Rp. 3.154.500,-

2. Perhitungan harga jual alat.
 Harga jual alat dapat diketahui berdasarkan perhitungan sebagai berikut:

- a. Keuntungan yang direncanakan (EAT) Rp. 1.000.000,-
- b. Pajak (T) 10%
- c. Bunga pinjaman bank 1,5% perbulan
 $Sales = x$
 $Tc = Rp. 3.154.500,-$
 $EBDIT = Rp. (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $D = Rp. 0$
 $EBIT = Rp. (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $I = Rp. 1,5\% - Rp. 3.154.500,-$
 $EBT = Rp. (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $T = 10\% \times (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $= (x - Rp. 3.154.500,-) 10\% \times (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $= 0,9x (x - Rp. 3.154.500,-)$
 $EAT = 0,9x - Rp. 2.839.050,-$

EAT dipersamakan =Rp.

1.000.000,-

Dari EAT yang diinginkan Rp.

1.000.000,-

Sehingga didapat perhitungan harga jual sebagai berikut:

$$0,9 = Rp. 1.000.000,- + Rp. 2.839.050,-$$

$$0,9 = Rp. 3.839.050,-$$

$$X = Rp. 3.839.050,-$$

Maka harga jual alat per unit adalah Rp 3.839.050/unit.

Keterangan:

Sales : penjualan alat.

Tc : biaya total pembuatan alat.

EBDIT : *Earning Before Depreciation, Interest, and Tax.*

D : *Depreciation.*

EBIT : *Earning Before Interest and Tax.*

I : *Interest.*

EBT : *Earning Before Tax.*

T : *Tax.*

EAT : *Earning After Tax.*

Perhitungan Break Event Point (BEP)

Break Event Point adalah kondisi dimana harga jual sama dengan harga produksi atau biasa disebut titik impas. Berikut perhitungan dari titik impas tersebut:

1. Biaya tetap (Fc) ditentukan dari harga jual alat yaitu Rp. 3.839.050,-/unit
2. Biaya tidak tetap (Vc) ditentukan dari tingkat produktifitas atau tingkat aktifitas yang dilakukan. Ditentukan besarnya biaya perubahan adalah besarnya biaya perawatan rutin yaitu Rp. 50.000,-
3. Biaya pemasukan (P) ditentukan dari biaya sewa alat peraga tersebut yaitu Rp. 200.000,-/sewa.

Dari ketiga perincian biaya tersebut, maka diperoleh BEP alat peraga sebagai berikut :

$$BEP = \frac{3.839.050}{200.000 - 50.000}$$

BEP = 25,59 operasi ~ 25 operasi

Jadi dengan 40 kali penyewaan atau pengoperasian maka BEP sudah terpenuhi.

KESIMPULAN

Dari perancangan dan pembuatan alat peraga sistem perpipaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut; pembuatan rancangan desain alat peraga sistem perpipaan berfungsi sebagai acuan dalam proses pembuatan. Pemilihan komponen alat yang akan dibuat, disesuaikan dengan desain alat. Pembuatan alat peraga sistem perpipaan melalui beberapa tahap, yaitu tahap pembuatan kerangka, tahap pembuatan saluran pipa, tahap pembuatan bak air. Perakitan komponen-komponen alat peraga sistem perpipaan pada kerangka. Total biaya pembuatan alat peraga sistem perpipaan sebesar Rp. 2.734.500,-, sedangkan harga jual alat tersebut adalah Rp. 3.839.050,-..

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous (2013). <http://www.pipingbloging.wordpress.com/definisi-pping.html>. January, 23th, 2013.
- Anonymous (2013). <http://www.chnflange.en.made-in-china.com>. January, 24th, 2013.
- Anonymous (2013). <http://www.industrysearch.com.au>. January, 24th, 2013.
- Anonymous (2013). <http://www.goodfittings.en.made-in-china.com>. January, 24th, 2013.
- Anonymous (2013). <http://www.en.wikipedia.org>. January, 24th, 2013.
- Anthonyster, Sagala. (2013). Sistem Perpipaan. <http://www.repository.usu.ac.id/bitstream/1/09E00117.pdf>
- Khurmi R. S., Gupta. J. K. (2005). A Textbook of Machine Design. New Delhi: Eurasia Publishing House Ltd.
- Maria F. Soetanto. (2010). Mekanika Fluida. Bandung: Penerbit Politeknik Negeri Bandung.
- Raswari. (2007). Perencanaan dan Penggambaran Sistem Perpipaan. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sularso, Haruo Tahara. (2006). Pompa dan Kompresor. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso and Suga, Kiyokatsu. (2008). Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wirawan Sumbodo et al (2008). Teknik Produksi Mesin Industri. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

**PERENCANAAN PERAWATAN DAN PERBAIKAN ALAT PERAGA PERAWATAN
PENGKODISIAN UDARA MOBIL (AIR CONDITIONER MAINTENANCE TRAINER)
JENIS SUZUKI KATANA GX**

Kethut Widhiarto

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri

ABSTRAK

Pembuatan alat peraga ini dimaksudkan sebagai alat pelatihan dalam melaksanakan proses pembelajaran yang bertujuan mahasiswa dapat merencanakan perawatan dan perbaikan alat peraga pengkondisi udara, dapat membuat *Standart Operational Procedure* (SOP) Penggunaan, SOP Pengoperasian, SOP Perawatan, SOP Perbaikan serta dapat menentukan estimasi biaya perawatan alat peraga. Dalam proses pembuatan alat peraga ini melalui beberapa tahap diantaranya perencanaan yang meliputi penentuan komponen yang digunakan, pembuatan yang meliputi pengelasan dan permesinan serta perencanaan perawatan dan perbaikan yang meliputi perencanaan jadwal perawatan dan perencanaan SOP. Kegiatan perencanaan perawatan dan perbaikan meliputi inspeksi, *small repair*, *medium repair*, dan *complete overhaull*. Pelaksanaan *complete overhaull* 1 menuju *complete overhaull* 2 memerlukan 32 kali inspeksi, 10 kali *small repair* dan 5 kali *medium repair*. Pelaksanaan perawatan dan perbaikan dilakukan mulai dari harian, mingguan, bulanan serta tahunan. Kegiatan perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga memerlukan SOP Penggunaan, SOP Pengoperasian, SOP Perawatan dan SOP Perbaikan. Estimasi Biaya *Preventive Maintenance* Tahun 2012 sebesar Rp1.436.000, tahun 2013 sebesar Rp1.899.110, tahun 2014 sebesar Rp 2.183.977 sedangkan biaya *Overhaull* adalah Rp 416.250.

Kata Kunci: Perawatan, *Air Conditioner*.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem Refrigerasi adalah proses pengambilan kalor atau panas dari suatu benda atau ruang untuk menurunkan temperaturnya. Kalor adalah salah satu bentuk dari energi, sehingga mengambil kalor suatu benda ekuivalen dengan mengambil sebagian energi dari molekul-molekulnya. Pada aplikasi tata udara (*air conditioning*), kalor yang diambil berasal dari udara. Untuk mengambil kalor dari udara, maka udara harus bersentuhan dengan suatu bahan atau material yang memiliki temperatur yang lebih rendah. Mesin refrigrasi dapat berupa kulkas/lemari es maupun *Air Conditioner* (AC) (Tampubolon *et al*, 2005).

Peranan AC pada mobil adalah untuk meningkatkan rasa kenyamanan dan dengan adanya rasa nyaman tersebut akan meningkatkan konsentrasi pengemudi dan kewaspadaan sehingga tingkat keselamatan akan dapat ditingkatkan, selain itu AC mobil juga mampu menghilangkan embun yang muncul pada kaca mobil bagian dalam ketika hujan sehingga kembali dapat mengurangi resiko kecelakaan akibat pandangan pengemudi yang kurang jelas pada saat hujan.

Penggunaan AC bertujuan untuk menghasikan udara bertemperatur rendah atau sesuai yang diinginkan. Agar AC dapat bekerja optimal maka diperlukan perawatan yang baik dan benar. Pada umumnya perawatan AC meliputi pemeriksaan kebocoran, jumlah

refrigerant, tekanan kompresor. Perawatan yang kurang benar dapat mempengaruhi kinerja AC sehingga AC tidak dapat bekerja dengan normal dan efektif, akibatnya mempengaruhi kemampuan AC dalam menghasilkan aliran udara dengan temperatur rendah. Untuk dapat melakukan perawatan dengan benar maka diperlukan suatu alat peraga dan pedoman serta tata cara bagaimana langkah cara merawat AC dengan baik dan benar.

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap oleh mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar siswa lebih efektif dan efisien (Sudjana, 2002). Melihat permasalahan tersebut maka disusunlah Perencanaan Perawatan Dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) Jenis Suzuki Katana GX Periode 2012-2014.

Rumusan Masalah

Melihat latar belakang diatas, maka rumusan masalah sebagai berikut: "Bagaimana *Standart Operational Procedure* (SOP) Penggunaan, Pengoperasian, Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) Jenis Suzuki Katana GX Periode 2012-2014?".

Batasan Masalah

Dalam penyusunan Perencanaan Perawatan Dan Perbaikan ini diperlukan beberapa batasan masalah adalah sebagai berikut:

1. Kompresor, *Evaporator*, Kondensor, dan Katup ekspansi yang digunakan milik Suzuki Katana GX.
2. Hanya membahas Estimasi Biaya Perencanaan Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) Jenis Suzuki Katana GX Periode 2012-2014

3. Tidak membahas perencanaan perancangan alat peraga perawatan pengkondisi udara mobil.
4. Tidak membahas biaya pembuatan alat peraga perawatan pengkondisi udara mobil.
5. Tidak membahas sistem kelistrikan.

Tujuan

Tujuan dari Perencanaan ini yaitu: Dapat membuat *Standart Operational Procedure* (SOP) Penggunaan, Pengoperasian, Perawatan dan Perbaikan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) Jenis Suzuki Katana GX Periode 2012-2014.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengkondisi Udara dan Refrigerator

Pengkondisi Udara dan Refrigerator mempunyai sistem kerja yang sama akan tetapi mempunyai ruang lingkup fungsi yang berbeda. Pengkondisi Udara tidak hanya berfungsi sebagai pendingin tapi juga mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni didalamnya, sedangkan refrigerator hanya berfungsi sebagai pendingin saja. (Stoecker *et al*, 1982).

Komponen-komponen Sistem Refrigerasi

Mekanik mesin pendingin terdiri dari beberapa komponen yang masing-masing dihubungkan dengan menggunakan pipa-pipa tembaga atau selang pada akhirnya merupakan sebuah sistem yang bekerja secara serempak.

Komponen-komponen mesin pendingin yang digunakan sebagai berikut:

1. Komponen Utama yang terdiri dari:
 - a. Kompresor
 - b. Kondensor
 - c. *Evaporator*
 - d. Katup Ekspansi

2. Komponen Pendukung Pada Sistem Refrigerasi

- a. *Solenoid Valve*
- b. *Filter Dryer*
- c. *Sight Glass*
- d. *Liquid Receiver*
- e. *Automatic Expansion Valve*

3. Peralatan Kontrol

- a. *Thermostat*
- b. *Hlpstat (High-low pressure test)*
- c. *Motor Overload Proteksi*

a. Kompresor

Kompresor merupakan jantung dari sistem refrigerasi yang berfungsi menghisap uap *refrigerant* yang bertekanan rendah dari *evaporator* dan mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi sehingga uap akan tersirkulasi.

Ada beberapa macam kompresor yang biasa digunakan pada sistem refrigerasi diantaranya adalah:

1. Kompresor Torak
2. Kompresor Hermetik
3. Kompresor Sekrup/*Screw*
4. Kompresor Sentrifugal

b. Kondensor

Kondensor merupakan salah satu komponen dari sistem refrigerasi yang berfungsi untuk membuang panas dalam sistem refrigerasi. Ada beberapa macam Kondensor yang biasanya digunakan pada sistem refrigerasi diantaranya sebagai berikut:

1. Kondensor Berpendingin Air
2. Kondensor Berpendingin Udara

c. *Evaporator*

Evaporator merupakan salah satu komponen dari sistem refrigerasi yang berfungsi untuk menyerap panas dan melepas dingin dalam sistem refrigerasi. Ada beberapa macam *Evaporator* diantaranya sebagai berikut:

1. *Evaporator* Berpendingin Air
2. *Evaporator* Berpendingin Udara

d. Katup Ekspansi

Katup Ekspansi merupakan bagian dari komponen sistem refrigerasi yang berfungsi menurunkan tekanan refrigerasi cair dan mengatur aliran *refrigerant* ke *evaporator*.

e. *Solenoid Valve*

Pada sistem refrigerasi, *solenoid valve* dapat digunakan untuk menyekat aliran *refrigerant* pada saat sistem tidak sedang bekerja. Pada berbagai aplikasi, *solenoid valve* juga dapat digunakan sebagai alat bantu untuk penghilangan bunga es pada *evaporator* dengan metode *hot gas defrosts*.

f. *Filter Dryer*

Komponen ini berfungsi menyaring kotoran dan menghilangkan uap air yang kemungkinan masih tertinggal pada sistem refrigerasi. *Filter dryer* dipasang pada *liquid line*, yakni saluran yang menghubungkan antara keluaran kondensor dengan alat ekspansi.

g. *Sight Glass*

Alat ini digunakan untuk mengamati secara visual kondisi *refrigerant* pada *liquid line*. Apabila ada pada *sight glass* terlihat ada gelembung, berarti kondensasi pada kondensor tidak berlangsung secara sempurna.

h. *Liquid Receiver*

Alat ini digunakan untuk menampung *refrigerant* cair yang berasal dari kondensor. *Liquid receiver* dipasang pada *liquid line* sebelum *filter dryer* dan *sight glass*.

i. *Thermostat*

Thermostat merupakan alat kontrol yang digunakan pada sistem refrigerasi. *Thermostat* sendiri digunakan untuk menjaga temperatur ruangan atau produk pada kisaran harga yang diinginkan.

j. *Hlpstat*

Hlpstat (high-low pressurestat) adalah alat kontrol yang digunakan pada sistem refrigerasi. *Hlpstat (high-low pressurestat)* memiliki fungsi menjaga sistem refrigerasi agar bekerja pada kisaran tekanan yang diinginkan.

k. Motor Overload Proteksi

Komponen ini biasanya dipasang khusus pada kompresor Hermetik, Komponen jenis ini dirancang untuk dapat dipasang langsung pada motor dan memiliki hantaran termal yang baik.

Refrigerant

Refrigerant adalah zat yang mengalir dalam mesin refrigrasi dan merupakan fluida kerja yang memindahkan panas dari produk yang didinginkan ke lingkungan (Pasek *et al*,2006). Dalam sejarahnya *refrigerant* yang pertamakali digunakan adalah eter pada mesin uap selanjutnya pada tahun 1874 digunakan *sulfur dioksida* (SO₂) dan pada tahun 1875 mulai digunakan *ethyl chloride* (C₂H₅Cl) dan amonia. Selanjutnya *metil chloride* (CH₃Cl) mulai digunakan tahun 1878 dan *karbon dioksida* (CO₂) pada tahun 1881. Selanjutnya pada sekitar tahun 1930an ditemukannya CFC dengan merek dagang freon sampai pada tahun 1985 penggunaan freon dilarang karena CFC dinilai tidak ramah lingkungan sebab jika CFC terlepas ke udara maka dapat menyebabkan lubang pada lapisan ozon. Sekarang penggunaan CFC telah digantikan dengan R-134a yang dinilai lebih ramah lingkungan dan tidak menimbulkan lubang pada lapisan ozon. (Pasek *et al*,2006).

Sistem Perawatan

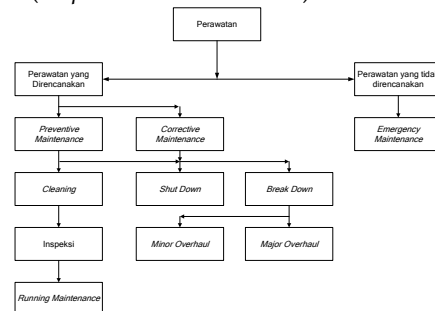
Perawatan adalah suatu kegiatan untuk mencegah sejak dini kerusakan – kerusakan yang akan terjadi dengan memeriksa *equipment* secara periodik menggunakan indera maupun alat canggih. Maksud dari adanya perawatan adalah menjadikan perawatan terhadap semua peralatan produksi agar mendapati ketersediaan (*availability*) komponen pendukung produksi yang tinggi dan dapat menekan biaya perawatan seminimum mungkin.

Pekerjaan *maintenance* yang benar harus dilakukan pada waktu yang benar, orang dan *spare* yang tepat untuk

menghindari kerusakan yang menyebabkan kerugian produksi, kualitas dan naiknya biaya. Jika sistem *maintenance* yang baik dilaksanakan di pabrik, orang akan dapat mengontrol dan memonitor situasi *maintenance* dan akan memberhentikan peralatan sesuai dengan rencana, sehingga peralatan tersebut bukan berhenti dengan sendirinya.

Dalam istilah perawatan disebutkan bahwa disana tercakup dua pekerjaan yaitu istilah “perawatan” dan “perbaikan”. Perawatan dimaksudkan sebagai aktifitas untuk mencegah kerusakan, sedangkan istilah perbaikan dimaksudkan sebagai tindakan untuk memperbaiki kerusakan. Secara umum, ditinjau dari saat pelaksanaan pekerjaan perawatan, dapat dibagi menjadi dua cara:

1. Perawatan yang direncanakan (*Planned Maintenance*).
2. Perawatan yang tidak direncanakan (*Unplanned Maintenance*).



Gambar 1. Klasifikasi Perawatan
Sumber: Tim Dosen (2011)

Secara umum perawatan dapat dibedakan menjadi lima jenis diantaranya adalah:

1. *Preventive Maintenance*
Preventive Maintenance adalah pekerjaan perawatan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara perawatanyang direncanakan untuk pencegahan (*Preventive*). Pekerjaan *preventive maintenance* meliputi beberapa hal diantaranya adalah:
 - a. Perawatan Harian
Suatu kegiatan perawatan yang dilakukan setiap hari terhadap komponen mesin yang memerlukan

pengawasan dan perawatan harian seperti pengecekan jumlah oli, pengecekan kebersihan *filter* udara.

b. Perawatan Berkala

Suatu kegiatan perawatan yang dilakukan secara berkala terhadap komponen mesin yang memerlukan pengawasan dan perawatan secara berkala seperti pengecekan kondisi *belt* dan puli

c. Inspeksi

Suatu kegiatan memeriksa yang merupakan paduan kegiatan yang bersifat operasional maupun *managerial*, yang meliputi kegiatan *review, survey, check, measure, detection, examination, data collection, analyze, documentation, reporting, test, recording* dan *auditing* atau *verification*.

d. *Minor Maintenance*

Suatu kegiatan perbaikan mesin dimana kegiatan tersebut tidak perlu membongkar/*overhaull* semua komponen mesin.

e. Pelumasan dan Penyetelan

Suatu kegiatan perawatan yang bertujuan untuk mencegah komponen mesin agar tidak cepat rusak serta mengembalikan kinerja mesin seperti kondisi semula.

2. *Corrective Maintenance*

Corrective Maintenance adalah perbaikan pada bagian-bagian mesin yang rusak (*repairing*) atau memerlukan penggantian *spare part* (*replacing*). Prinsip pekerjaan yang dikerjakan pada *Corrective Maintenance* adalah *job* perbaikan *equipment* yang telah terpasang *equipment* cadangannya, jadi pengerjaan di bagian ini relatif tidak mendesak karena *equipment* yang telah *direpair* nantinya dibungkus dan disimpan di gudang *spare*. Pekerjaan *corrective maintenance* meliputi beberapa hal diantaranya adalah:

a. *Repair Equipment*

Equipment yang termasuk disini adalah Pompa, Kompresor, Blower, Konveyor, *Boiler*, dan alat-alat

pendukung produksi yang lain. Prinsipnya pekerjaan yang dikerjakan disini adalah bersifat tidak terlalu mendesak pengerjaan di *Repair Equipment* yaitu:

i. *Recondition* yaitu kegiatan mengembalikan kondisi mesin ke kondisi semula setelah *performance* mesin menurun. Seperti *balancing, realignment*, dan penggantian *seal*.

ii. *Cleaning* yaitu kegiatan yang dilakukan untuk menciptakan kondisi bersih, rapi, dan nyaman dengan menghilangkan benda-benda asing yang masuk pada mesin dan pencegahan adanya sumber kontaminasi.

iii. *Overhaull* yaitu kegiatan membongkar total seluruh komponen serta diperiksa dari kerusakan dan keausan, biasanya pada *overhaull* diikuti dengan penggantian *bearing*, penggantian *gland packing, seal*, pemopokan, pembubutan ulang, desain ulang, perbaharuan pelumas, dan pembersihan.

3. Perawatan *Prediktif*

Perawatan *prediktif* ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem peralatan. Perawatan *prediktif* dilakukan dengan bantuan alat baik panca indra maupun dengan alat-alat monitor mesin sehingga kerusakan bisa dideteksi.

4. *Running Maintenance*

Pekerjaan perawatan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Perawatan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus menerus dalam melayani proses produksi agar tidak terjadi kerugian akibat berhentinya produksi karena perbaikan.

5. *Breakdown*

Pekerjaan perawatan dilakukan setelah terjadi kerusakan pada peralatan, dan

untuk perbaikannya harus disiapkan suku cadang, material, alat-alat dan tenaga kerjanya. Pekerjaan perawatan ini dilakukan dengan menghentikan kegiatan mesin dari aktivitas apapun.

6. *Emergency Maintenance*

Suatu pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga dan harus dilaksanakan dengan segera. Perawatan darurat biasanya dilakukan ditengah waktu produksi sehingga lama tidaknya perawatan darurat mempengaruhi dari penghasilan dari hasil produksi.

Estimasi Biaya Perawatan

Biaya yang dikeluarkan untuk merawat suatu alat merupakan salah satu unsur yang penting pengelolaan perusahaan, sebab biaya sangat menentukan didalam perolehan keuntungan. Salah satu alat yang digunakan untuk mencari hubungan antara kuantitas penjualan dengan keuntungan adalah analisa titik pulang pokok (*Break Event Analysis*).

Perhitungan Biaya Perawatan

Perhitungan Biaya dilakukan untuk mengetahui biaya pemeliharaan biasanya meliputi:

1. Biaya material.
2. Biaya gaji.

Biaya perawatan dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

1. Biaya Perawatan *Preventive*
 Biaya Perawatan *Preventive* adalah biaya pemeliharaan yang difungsikan untuk hal-hal berikut:
 - a. Biaya Perawatan *Preventive*.
 - b. Biaya tenaga kerja.
 - c. Biaya peralatan.
 - d. Biaya transportasi .
2. Biaya Perawatan *Corrective*
 Biaya Perawatan *Corrective* adalah biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan yang dilakukan bila terjadi

kerusakan Pada komponen mesin tersebut seperti:

- a. Biaya pengganti *tube*.
- b. Biaya penggantian bantalan (*bearing*).
- c. Biaya pengganti katup.

Dalam perhitungan biaya perawatan dan perbaikan digunakan rumus umum:

$$F = P (1 + i) ^ n \dots\dots (2.1.)$$

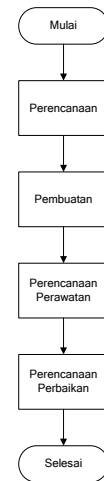
Sumber: Buku analisis ekonomi teknik, 1990: 140

- F = Nilai uang masa sekarang.
- P = Nilai uang sekarang.
- i = Tingkat suku bunga per periode.
- n = Periode penelaahan .

METODOLOGI

Langkah-langkah Pembuatan Laporan Akhir

Dalam melaksanakan pembuatan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) diperlukan berbagai langkah diantaranya dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



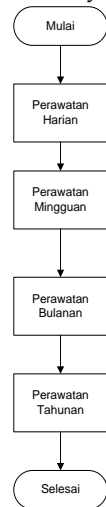
Gambar 2. Langkah-langkah Pembuatan Laporan Akhir

Kegiatan Perawatan

Kegiatan Perencanaan Perawatan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*).

Waktu kegiatan perawatan dilaksanakan berdasarkan jadwal yang

sudah ditetapkan. Kegiatan ini meliputi beberapa hal diantaranya sebagai berikut:



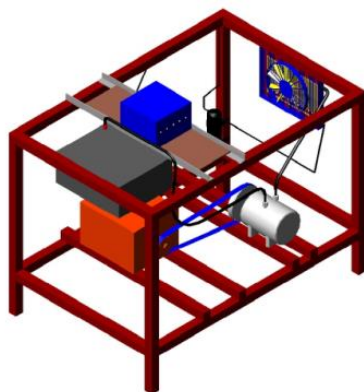
Gambar 3. Urutan Waktu Kegiatan Perawatan

Perawatan Yang Digunakan

Jenis perawatan yang digunakan pada Perawatan Alat Peraga Perawatan Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Maintenance Trainer*) adalah menggunakan *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*. Berikut dibawah ini adalah langkah-langkah *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*.

Alat Peraga

Alat peraga perawatan instalasi pengkondisi udara mobil ini berfungsi sebagai alat pembelajaran perawatan sistem refrigerasi pada mobil.



Gambar 4. Alat Peraga Perawatan Instalasi Pengkondisi Udara Mobil.

Dibawah ini adalah spesifikasi komponen-komponen alat peraga perawatan instalasi pengkondisian udara mobil:

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Utama Alat Peraga

No	Nama Komponen	Spesifikasi	
1.	 Kompresor	Tipe kompresor Tipe mobil Jumlah piston Diameter kompresor Panjang kompresor Refrigeran Maksimal kecepatan Tipe Pelumasan Berat	Sanden 508 Umum 5 35 1 R12/R134a 7000 5 GS 5 kg
2.	 Kondensor	Tipe kondensor Tipe mobil Lebar Panjang Bahan Refrigeran	Laluan tunggal Suzuki katana 35 cm 45 cm Aluminium, plat besi R12/R134a
3.	 Evaporator	Tipe evaporator Tipe mobil Lebar Panjang Tinggi Refrigeran	Drazen cap Suzuki Katana 32 cm 40 cm 15 cm R12/R134a
4.	 Filter Drier	Tipe receiver Tipe mobil Diameter Panjang Bahan Refrigeran	R134a Suzuki Katana 7 cm 20 cm Besi R12/R134a
5.	 Katup Ekspansi	Tipe katup Tipe mobil Refrigeran Bahan	Siku/kapiler Suzuki Katana R12/R134a Kuningan
6.	 Extra Fan	Tipe Extra Fan Tipe mobil Rpm Voltage	Fuji cool Suzuki Katana 800 12 v
7.	 Pressure Gauge	Tipe pressure gauge Refrigeran High pressure Low pressure	Nurtil R134a, R22 dan R404a R12/R134a 0-500psi - 0-35kg/cm ² 0-250psi - 1-17.5kg/cm ²
8.	 Motor Bakar	Merk Daya Tipe mesin Volume silinder Output maksimum Kapasitas tangki Kapasitas oli	Shark 5.5 HP Air cooled 4 tak ohv 1 silinder 169 cc 3600 rpm 3,6 liter 0,6 liter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perawatan Pada Alat Peraga

Kegiatan perawatan merupakan kegiatan pencegahan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan lebih dini sehingga selain mengurangi resiko kerusakan juga mengurangi biaya

perbaikan. Kegiatan perawatan alat peraga meliputi beberapa hal diantaranya adalah:

1. Inspeksi adalah tindakan pengecekan atau pemeriksaan secara berkala kondisi suatu peralatan atau alat bantu untuk mendapatkan informasi tentang keadaan mesin.
2. *Small Repair* adalah suatu tindakan perawatan ringan yang menitik beratkan pada bagian terkecil (komponen) dari suatu mesin.
3. *Medium Repair* adalah suatu tindakan perawatan tingkat menengah yang lebih fokus pada kerusakan bagian dari suatu mesin akibat aus atau akibat kecelakaan yang waktu kerja yang relatif lama.
4. *Complete Overhaull* adalah suatu tindakan perawatan pada yang bersifat menyeluruh pada bagian mesin.

Jadwal Perawatan Alat Peraga

Berikut tabel jadwal perawatan alat peraga:

Tabel 2. Jadwal Perawatan Alat Peraga

No.	Komponen	Januari (2012)				Februari (2012)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Evaporator	CO _i		I _i		I _i		SR _i	
2.	Kondensor	CO _i		I _i		I _i		SR _i	
3.	Katup Ekspansi			I _i		I _i		SR _i	
4.	Kompresor	CO _i		I _i		I _i		SR _i	
5.	Puli	CO _i		I _i		I _i			
6.	Sabuk	CO _i		I _i		I _i		SR _i	
7.	Roda	CO _i		I _i		I _i			
8.	Motor Bensin	CO _i		I _i		I _i		SR _i	
9.	Selang/Pipa			I _i		I _i		SR _i	
10.	Panel Tombol			I _i		I _i		SR _i	
11.	Komponen Listrik			I _i		I _i			
12.	Filter Dryer	CO _i		I _i		I _i			
13.	Baut dan Mur			I _i		I _i			
14.	Kabel Kelistrikan	CO _i		I _i		I _i			
15.	Rangka			I _i		I _i			

No.	Komponen	November (2013)				Desember (2014)			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Evaporator	I _i				I _i			
2.	Kondensor	I _i				I _i			
3.	Katup Ekspansi	I _i				I _i			
4.	Kompresor	I _i				I _i			
5.	Puli	I _i		MR _i		I _i		I _i	
6.	Sabuk	I _i		MR _i		I _i		I _i	
7.	Roda	I _i				I _i		I _i	
8.	Motor Bensin	I _i		MR _i		I _i		I _i	
9.	Selang/Pipa	I _i				I _i		I _i	
10.	Panel Tombol	I _i				I _i		I _i	
11.	Komponen Listrik	I _i				I _i		I _i	
12.	Filter Dryer	I _i				I _i		I _i	
13.	Baut dan Mur	I _i				I _i		I _i	
14.	Kabel Kelistrikan	I _i				I _i		I _i	
15.	Rangka	I _i		MR _i		I _i		I _i	

Keterangan:

- I = Inspeksi
- SR = *Small Repair*
- MR = *Medium Repair*
- CO = *Complete Overhaull*

Kegiatan perawatan meliputi Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair* serta *Complete Overhaull* dapat dilihat pada penjadwalan diatas. Kegiatan pertama kali adalah *Complete Overhaull* alat peraga pada

minggu pertama kemudian inspeksi dilaksanakan setiap minggu, sedangkan kegiatan *small repair* dilaksanakan setiap dua kali menjalankan inspeksi, untuk kegiatan *medium repair* dilaksanakan setiap dua kali *small repair* serta ditambah dua kali inspeksi. Kegiatan *medium repair* dapat dilaksanakan setiap dua kali pelaksanaan *small repair* ditambah dua kali inspeksi dan kegiatan *complete overhaull* dilaksanakan setelah lima kali *medium repair* ditambah dua kali inspeksi. Berikut ini adalah urutan kegiatan perawatan:

CO₁ - I₁ - I₂ - SR₁ - I₃ - I₄ - SR₂ - I₅ - I₆ - MR₁ - I₇ - I₈ - SR₃ - I₉ - I₁₀ - SR₄ - I₁₁ - I₁₂ - MR₂ - I₁₃ - I₁₄ - SR₅ - I₁₅ - I₁₆ - SR₆ - I₁₇ - I₁₈ - MR₃ - I₁₉ - I₂₀ - SR₇ - I₂₁ - I₂₂ - SR₈ - I₂₃ - I₂₄ - MR₄ - I₂₅ - I₂₆ - SR₉ - I₂₇ - I₂₈ - SR₁₀ - I₂₉ - I₃₀ - MR₅ - I₃₁ - I₃₂ - CO₂.

Perawatan dan Perbaikan yang diperlukan dari *Complete Overhaull* 1 sampai *Complete Overhaull* 2 adalah 32 kali Inspeksi, 10 kali *small repair* dan 5 kali *medium repair*.

Perawatan Pada Alat Peraga

Berikut ini adalah cara perawatan komponen utama dan komponen pendukung pada alat peraga:

Tabel 3. Perawatan Komponen Alat Peraga

No.	Komponen	Perawatan
1.	Evaporator	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Membersihkan <i>blower</i> dari debu dan kotoran. c. Membersihkan sirip-sirip dari debu dan kotoran.
2.	Kondensor	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Membersihkan <i>fan</i> dari debu dan kotoran. c. Membersihkan sirip-sirip dari debu dan kotoran.
3.	Kompresor	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Mengganti oli kompresor. c. Mengecek kebocoran kompresor.
4.	Katup Ekspansi	a. Membersihkan katup dari debu dan kotoran. b. Mengganti <i>isolator</i> jika sudah rusak. c. Mengecek kebocoran sambungan
5.	Pipa Kapiler	a. Membersihkan pipa dari debu dan kotoran b. Mengecek kebocoran pipa dengan komponen.
6.	Roda	a. Membersihkan roda dari debu dan kotoran. b. Mengecek fungsi pengunci roda. c. Memberikan pelumasan kepada <i>bearing</i> roda.
7.	Komponen Listrik	a. Membersihkan dari debu dan kotoran. b. Mengecek sambungan antara kabel dan solder.
8.	Mur dan Baut	a. Mengecek kekencangan mur dan baut. b. Mengecek kondisi fisik mur dan baut.
9.	Manifold	a. Membersihkan dari debu dan kotoran. b. Mengecek kebocoran pada selang manifold.
10.	Filter Dryer	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Mengecek kebocoran <i>filter dryer</i> dengan pipa
11.	Sabuk	a. Membersihkan sabuk dari debu, kotoran dan oli. b. Memeriksa ketegangan sabuk. c. Mengganti sabuk.
12.	Puli	a. Membersihkan puli dari debu, kotoran dan oli. b. Memeriksa kondisi puli. c. Mengganti puli.
13.	Motor Bensin	a. Membersihkan <i>body</i> dari debu dan kotoran. b. Memeriksa kelinggian oli. c. Membersihkan <i>filter</i> udara. d. Membersihkan busi dari kotoran. e. Mengganti oli mesin.
14.	Rangka Meja	a. Membersihkan rangka dari debu dan kotoran. b. Mengecat ulang bagian yang mengelupas/rusak
15.	Kipas pendingin komponen listrik	a. Membersihkan kipas dari debu dan kotoran. b. Mengecek fungsi kipas.

Perbaikan Pada Alat Peraga

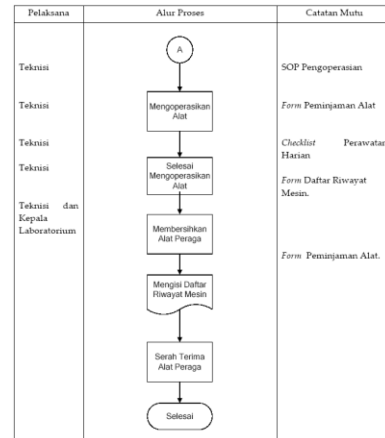
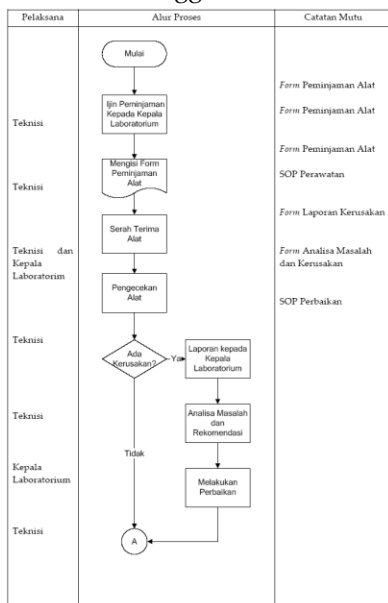
Dalam mengoperasikan alat peraga dapat timbul terjadinya suatu gangguan pada sistem alat peraga yang diawali dengan adanya gejala kerusakan dan mengakibatkan sistem kerja alat peraga tidak dapat bekerja optimal yang pada akhirnya akan menimbulkan suatu kerusakan. Berikut ini adalah *troubleshooting* pada alat peraga pengkondisi udara:

Tabel 4. *Troubleshooting* pada Alat Peraga

No.	Gejala	Sebab	Perbaikan
1.	Motor bensin tidak berfungsi.	Bensin habis. Busi tidak berfungsi/mati	Mengisi bensin pada tangki. Mengganti busi dengan yang baru.
2.	Putaran Kompresor rendah.	Terjadi slip. Terjadi slip. Terjadi slip.	Mengatur ketegangan sabuk. Mengganti sabuk dengan yang baru. Mengganti puli dengan yang baru.
3.	Kurang dingin.	Refrigerant kurang. Terjadi kebocoran pada sambungan. Strip-strip evaporator mampat oleh kotoran. Blower evaporator tidak bekerja. Fan kondensor tidak bekerja. Klep kompresor bocor. Putaran Kompresor rendah. Refrigerant terlalu banyak.	Menambahkan refrigerant melalui manifold. Memperbaiki pada tempat yang bocor dan menambah refrigerant bila perlu. Membersihkan strip-strip evaporator dari kotoran. Memperbaiki sistem kelistrikan dan sambungan kabel pada blower. Memperbaiki sistem kelistrikan dan sambungan pada blower. Memperbaiki kompresor/ganti klep. Mengatur ketegangan sabuk, ganti sabuk dan puli bila perlu. Mengurangi refrigerant dengan menggunakan manifold.
4.	Pendinginan tidak stabil.	Terdapat air pada saluran sistem refrigrasi.	Membuang refrigerant sampai kadar air dapat dihilangkan, kemudian ganti dengan refrigerant yang baru.
5.	Fan Evaporator berbunyi bising.	Putaran fan membentur strip kondensor.	Mempisahkan fan menjadi strip kompresor sampai tidak berbenturan.
6.	Blower Evaporator berbunyi bising.	Putaran blower membentur body Evaporator.	Mengurangi kelencangan baut dan mur penutup pada body evaporator.
7.	Kapasitor panas	Fan pendingin tidak bekerja.	Mengecek kondisi sambungan antara kabel dengan trafo.

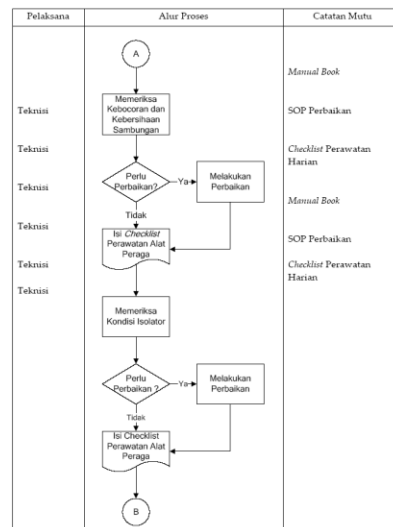
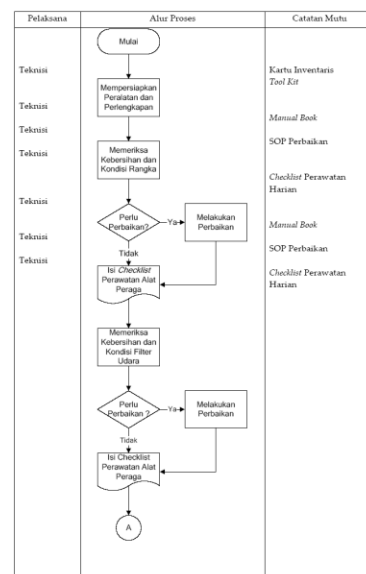
SOP Penggunaan Alat Peraga

Tabel 5. SOP Penggunaan Alat Peraga



SOP Perawatan

Tabel 6. SOP Perawatan Alat Peraga



SOP Pengoperasian

Tabel 9. SOP Penggunaan Alat Peraga

Pelaksana	Alur Proses	Catatan Mutu
	Mulai	
Teknisi	Menyambungkan Kabel ke sumber listrik	Manual Book
Teknisi	Memutar Tombol <i>ON Blower Evaporator</i>	Manual Book
Teknisi	Menekan Tombol <i>ON Fan Kondensator</i>	Manual Book
Teknisi	Memutar <i>switch Motor Bakar</i> ke arah <i>ON</i>	Manual Book
Teknisi	Membuka <i>Choke</i> secara penuh	Manual Book
Teknisi	Menarik Tali Pemutar Motor Bakar	Manual Book
Teknisi	Menutup <i>Choke</i> secara Penuh	Manual Book
	A	

Pelaku	Flowchart	Catatan Mutu
	A	
Teknisi	Menggeser Tuas Pengatur Gas Sampai Penuh	Manual Book
Teknisi	Menekan Tombol <i>ON Magnetic Clutch</i>	Manual Book
Teknisi	Mengatur <i>Blower</i> sesuai Kebutuhan	Manual Book
Teknisi	Menekan tombol <i>OFF Magnetic Clutch</i>	Manual Book
Teknisi	Menggeser Tuas Pengatur Gas Sampai Habis	Manual Book
Teknisi	Menggeser <i>Switch Motor Bakar</i> ke arah <i>OFF</i>	Manual Book
Teknisi	Memutar <i>switch Blower Evaporator</i> ke arah <i>OFF</i>	Manual Book
Teknisi	Menekan tombol <i>OFF</i> pada <i>fan kondensator</i>	Manual Book
Teknisi	Melepaskan Kabel dari Sumber Listrik	Manual Book
	Selesai	

2.	Cairan <i>Cleaner</i>	37.000
3.	Oli Mesin Enduro (1000cm ³)	30.000
4.	<i>Seal tip</i>	15.000

b. Biaya Preventive Maintenance.

Biaya *preventive maintenance* ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk tahun 2012. Dibawah ini merupakan biaya *Preventive Maintenance* alat peraga:

1. Biaya Mekanik

Dengan kegiatan diatas maka dapat dihitung besar biaya kegiatan harian adalah sebesar $12 \times 30 \times 1/3 \text{jam} \times \text{Rp } 10.000 = \text{Rp } 1.199.999 = \text{Rp } 1.200.000$

2. Kegiatan Bulanan

Dalam penggantian oli mesin tiap bulan biaya yang dibutuhkan adalah Rp 18.000, dimana harga oli dengan jumlah 1000 cm³ adalah Rp 30.000 sedangkan setiap bulan membutuhkan oli 600 cm³ jadi setiap bulan memerlukan $(\text{Rp } 30.000/1000) \times 600 = \text{Rp } 18.000$.

Dengan Kegiatan diatas maka dapat dihitung biaya selama satu bulan adalah:

- a. Penamb. Oli = $12 \times \text{Rp } 18.000 = \text{Rp } 216.000$
- b. Mekanik = $12 \times 1/6 \text{jam} \times \text{Rp } 10.000 = \text{Rp } 20.000$
- c. Total = Rp 236.000

Dari uraian diatas maka biaya *preventive* sebesar:

- 1. Kegiatan Harian : Rp 1.200.000
- 2. Kegiatan Bulanan : Rp 236.000
- Total : Rp 1.436.000

Jadi biaya *preventive maintenance* pada tahun 2012 adalah Rp. 1.436.000

maka biaya *preventive maintenance* untuk tahun 2013 adalah:

$$F = P \times (1+i)^n$$

$$F = \text{Rp } 1.436.000 \times (1+0,15)^2 = \text{Rp } 1.899.110$$

Dan biaya *preventive maintenance* untuk tahun 2014 adalah:

$$F = P \times (1+i)^n$$

$$F = \text{Rp } 1.436.000 \times (1+0,15)^2 = \text{Rp } 2.183.977$$

Estimasi Biaya Perawatan

a. Biaya Perawatan

Tabel 10. Harga Komponen Alat Peraga

No.	Nama Komponen	Harga (Rp)
1.	<i>Refrigerant 134a</i>	1.500.000

c. Biaya Overhaull

Proses *Overhaull* alat peraga dilakukan setelah 24 bulan, *Overhaull* dilakukan oleh 2 orang pekerja dengan gaji Rp. 10.000 per

jam selama 12 jam dengan pekerjaan sebagai berikut:

1. Penggantian Puli
Harga Puli Rp. 25.000. Jumlah Puli yang diperlukan 1 buah dalam kurun waktu 2 tahun.
 $1 \times \text{Rp.}25.000 = \text{Rp } 25.000$
2. Penggantian Sabuk
Harga Belt Rp 12.500. Jumlah Sabuk yang diperlukan 1 buah dalam kurun waktu 2 tahun. $1 \times \text{Rp.}12.500 = \text{Rp } 25.000$
3. Penggantian Busi
Harga 1 buah Busi Rp 15.000
Jumlah busi yang diperlukan 1 buah dalam kurun waktu 2 tahun.
 $1 \times \text{Rp}15.000 = \text{Rp}15.000$
4. Penggantian *Filter Dryer*
Harga 1 buah *filter dryer* Rp 100.000
Jumlah *Filter Dryer* yang diperlukan 1 buah dalam kurun waktu 2 tahun
5. Ganti Oli Kompresor
Harga 600 cm³ oli kompresor Rp 45.000. Pada 1 Pompa diperlukan penggantian oli sebanyak 150 cm³ dalam kurun waktu 2 tahun, maka biaya yang diperlukan adalah:
 $150 / 600 \times \text{Rp } 45.000 = \text{Rp } 11.250$
6. Mekanik
Dalam melaksanakan *overhaull* mekanik bekerja selama 12 jam dengan gaji per jam Rp 10.000. Maka gaji mekanik selama *overhaull* alat peraga adalah: $2 \times 12 \times \text{Rp } 10.000 = \text{Rp } 240.000$

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa biaya *overhaull* pompa pada tahun 2014 adalah: $\text{Rp } 25.000 + \text{Rp } 25.000 + \text{Rp } 15.000 + \text{Rp } 100.000 + \text{Rp } 11.250 + \text{Rp } 240.000 = \text{Rp } 416.250$

KESIMPULAN

Dalam merencanakan langkah-langkah perencanaan perawatan dan perbaikan alat peraga perawatan instalasi Pengkondisi Udara Mobil (*Car Air Conditioner Installation Maintenance Trainer*) dapat disimpulkan langkah perancangan

perawatan dan perbaikan alat peraga berikut: Kegiatan Perencanaan Perawatan dan Perbaikan meliputi Inspeksi, *Small Repair*, *Medium Repair*, *Complete Overhaull*; Kegiatan Perencanaan Perawatan dan Perbaikan yang diperlukan dari *Complete Overhaull* 1 ke *Complete Overhaull* 2 memerlukan 32 kali Inspeksi, 10 kali *Small Repair* dan 5 kali *Medium Repair*; SOP yang digunakan dalam Perencanaan Perawatan dan Perbaikan meliputi SOP Penggunaan, SOP Perawatan, SOP Perbaikan, SOP *Overhaull* dan SOP Pengoperasian; Estimasi Biaya *Preventive Maintenance* Tahun 2012 sebesar Rp1.436.000, tahun 2013 sebesar Rp1.899.110, tahun 2014 sebesar Rp 2.183.977 sedangkan biaya *Overhaull* adalah Rp 416.250.

DAFTAR PUSTAKA

- Ating Sudradjat, IR. MT. (2011). *Pedoman Praktis Manajemen Perawatan Mesin Industri*. Bandung: PT Refika Aditama.
- I Nyoman Pujawan. (2009). *Ekonomi Teknik Edisi Kedua*. Surabaya: Guna Widya.
- Kodoaite, J. R. (2005). *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: ANDI
- Moran, M. J., dan Shapiro, H. N.(2004). *Termodinamika Teknik, Jilid Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Pasek, D. A., dan Suryawan, B. (2006). *Modul Pelatihan Untuk Teknisi Bengkel AC Mobil*. Jakarta: Lingkungan Hidup.
- Pudjanarsa, A., dan Nursuhud, D. (2006). *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Andi.
- Pujawan, I. N., (2009). *Ekonomi Teknik, Edisi Kedua*. Surabaya: Guna Widya
- Sanjaya. (2008). Pengertian Alat Peraga. <http://www.sarjanaku.com/2011/03/pengertian-alat-peraga.html>. Diakses tanggal 8 juni 2012.
- Stoecker, W. F., dan Jones, J. W. (1982). *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Tim Dosen. (2011). Perencanaan Instalasi dan Perawatan Pabrik. Kediri: Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin Politeknik Kediri.

Jurnal Teknik Mesin (JTM)

Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin
Politeknik Kediri

Jl. Mayor Bismo 27 Kediri 64121

Telp./Fax. (0354) 683128

Email : jtm@poltek-kediri.ac.id

ISSN 2252-4444



9 772252 444017