

SKRIPSI

RANCANG BANGUN POMPA AIR TENAGA KINCIR ANGIN UNTUK IRIGASI LAHAN PERSAWAHAN MENGUNAKAN POMPA PISTON

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Meraih Gelar Sarjana Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin



Oleh :

MOH. EKO ARIYANTO

NIM : 12.10202.00031

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

2018

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**RANCANG BANGUN POMPA AIR TENAGA KINCIR ANGIN
UNTUK LAHAN PERSAWAHAN MENGGUNAKAN POMPA PISTON**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Mencapai Gelar Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin

Oleh :
MOH EKO ARIYANTO
12.10202.00031

Disetujui Untuk Diuji :
Pada tanggal
20 Maret 2018

Dosen Pembimbing



Dr Eng. Rahmat Firdaus., ST., MT
NIP. 196912052005011004

Ketua Program Studi Teknik Mesin



Edi Widodo, ST., MT

NIK. 210386

LEMBAR PENGESAHAN

Rancang Bangun Pompa Air Tenaga Kincir Angin

Untuk Irigasi Lahan Persawahan

Menggunakan Pompa Piston

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Strata Satu
Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo**

Oleh :

Moh Eko Ariyanto

12.10202.00031

Tanggal Ujian :

20 Maret 2018

Disetujui oleh :

1. Dr. Eng. Rahmat Firdaus, ST, MT

NIP. 196912052005011004

(.....

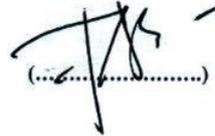

2. Mulyadi, ST., MT

NIK. 206290

(.....


3. DR. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., MT

NIP. 196811151994022003

(.....




Izza Anshory, ST., MT

NIK. 202239

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya

Nama : Moh. Eko Ariyanto

NIM : 121020200031

Judul Skripsi : Rancang Bangun Pompa Air Tenaga Kincir Angin Untuk Lahan Irigasi Perasawahan Menggunakan Pompa Piston

Menyatakan skripsi yang saya buat ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan tidak memplagiat hasil karya orang lain maupun dibuatkan orang lain.

Apabila ternyata terbukti saya melakukan pelanggaran sebagaimana tersebut diatas, maka saya bersedia dikenakan sanksi apapun dari fakultas.

Sidoarjo, 3 Maret 2018



Moh Eko Ariyanto
NIM : 121020200031

RANCANG BANGUN POMPA AIR TENAGA KINCIR ANGIN

UNTUK LAHAN PERSAWAHAN MENGUNAKAN POMPA PISTON

Moh Eko Ariyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Kampus 2: Jl. Raya Gelam 250 Candi Sidoarjo 61271 (031) 8945444

Email : ariyantoeko074@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan angin dewasa ini sebagai sumber energi telah digunakan sejak ratusan tahun silam. Untuk pemanfaatan angin sebagai sumber energi mulai dilirik dan dikembangkan. Salah satu energi alternatif dengan pemanfaatan angin angin, yang dapat diaplikasikan berbagai kebutuhan adalah digunakan untuk untuk mengangkat air dengan menggunakan pompa.

Berdasarkan rumusan masalah, ditentukan bagaimana rancang bangun pompa air tenaga kincir angin menggunakan pompa piston. Pembuatan alat pompa piston ini dimulai dari proses konsep desain, pembuatan masing-masing komponen, perakitan alat, pengujian alat dan yang terakhir adalah hasil dari pengujian alat.

Hasil pengujian dari rancang bangun pompa dengan penggerak kincir angin dengan memanfaatkan kecepatan angin yang ada di daerah Lebo pompa mampu menghasilkan debit tertinggi sebesar 3.1 liter. Daya yang dihasilkan pompa sebesar 141 Watt dengan ketinggian Head total pompa 0.424 m yang telah diperhitungkan dari kerugian yang ada. Untuk efisiensi pompa sebesar 90% dengan head 40 cm.

Kata kunci : Angin, Pompa Piston Kincir Angin, Ketinggian Head Statis, Uji Alat

**DESIGN OF WATER PUMP WATER POWDER
FOR LANSELVES
USING THE PISTON PUMPS**

Moh Eko Ariyanto

*Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
Kampus 2: Jl. Raya Gelam 250 Candi Sidoarjo 61271 (031) 8945444
Email : ariyantoeko074@gmail.com*

ABSTRACT

Utilization of the current wind as an energy source has been used since hundreds of years ago. For the use of wind as a source of energy began ogled and developed. One of the alternative energy with wind wind utilization, which can be applied various needs is used to to lift water by using the pump.

Based on the formulation of the problem, it is determined how the design of the windmill power pump uses a piston pump. The manufacture of this piston pumping tool starts from the concept design process, the manufacture of each component, the assembly of the tool, the testing of the tool and the last is the result of the testing of the tool.

Test results from the design of the pump with windmill drive by utilizing the existing wind speed in the area of the pump Lebo capable of producing the highest discharge of 3.1 liters. The rated power of the pump is 141 Watt with the height of the total pump head 0.424 m which has been calculated from the existing losses. For pump efficiency of 90% with head 40 cm.

Keywords: Wind, Wind Piston Piston, Static Head Height, Test Tool

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini yang berjudul “ **RANCANG BANGUN POMPA AIR TENAGA KINCIR ANGIN (VAWT) UNTUK LAHAN IRIGASI PERSAWAHAN MENGGUNAKAN POMPA PISTON**”.

Penyusunan tugas akhir ini guna memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Mesin di Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Semua ini tidak dapat terlaksana atau tercapai tanpa adanya bantuan dari semua pihak maupun instansi yang berhubungan dengan skripsi ini. Dalam kesempatan ini pula penulis mengucapkan terima kasih banyak sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Hidayatulloh, M.,Si selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
2. Bapak Izza Anshory, ST., MT selaku Dekan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.
3. Bapak Edi Widodo, ST., MT selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah.
4. Bapak. Dr. Eng. Rahmat Firdaus, ST., MT yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan serta ilmunya sehingga dalam penyusunan laporan skripsi ini bisa terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Mulyadi ST. MT selaku Kepala Laboratorium Teknik Mesin tidak pernah lelah memberikan semangat untuk segera menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
6. Bapak Suheri dan Ibu Mufidah selaku orang tua, serta saudara Dwi Firia Dewi selaku adik saya yang selalu memberkan dorongan baik moril maupun materil kepada penulis.
7. Khoirur Rizki yang selalu memberi semangat dan dorongan agar skripsi ini selesai.
8. Herman yang sudah membantu dalam konsep desain skripsi ini.

9. Staf UNMU, Jurusan Teknik Mesin yang membantu kelancaran penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi.
10. Terima kasih kepada seluruh teman-teman angkatan 2012 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

Penulis menyadari bahwa selama melakukan penelitian dan penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi kesempurnaan laporan.

Semoga Allah Swt, senantiasa memberikan balasan atas amal perbuatan dan segala kebaikan yang telah diberikan. Akhir kata penulis berharap semoga hasil penelitian yang tertuang dalam skripsi ini banyak bermanfaat bagi setiap pembaca dan umumnya.

Sidoarjo, 3 Maret 2018

Penulis,

(Moh Eko Ariyanto)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Persetujuan.....	ii
Lembar Pengesahan.....	iii
Pernyataan Keaslian Skripsi.....	iv
Abstrak.....	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Masalah.....	2
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Pengertian Kincir Angin	5
2.2 Pengertian Pompa.....	5
2.3 Klasifikasi dan Jenis Pompa.....	6
2.3.1 Pompa Sentrifugal	7
2.4 Pompa <i>positive displacement pump</i>	8
2.4.1 Pompa <i>Rotary</i>	9
2.4.1.1 Pompa roda gigi	9
2.4.1.2 Pompa <i>lobe</i>	9
2.4.1.3 Pompa baling-baling.....	9
2.5 Pemilihan Pompa.....	9

2.6 Pompa torak	10
2.7 Pompa Piston.....	11
2.8 Kapasitas Pompa	13
2.9 Aliran Dalam Pipa.....	14
2.10 <i>Head</i>	14
2.10.1 <i>Head</i> Total Pompa	14
2.10.2 <i>Head Losses</i>	16
2.10.3 <i>Head Mayor</i>	16
2.10.4 <i>Minor Losses</i>	17
2.10.5 Faktor Gesek Dalam Pipa	17
2.10.6 Kerugian Pada Ujung Masuk Pipa.....	19
2.10.7 Kerugian Pada Ujung Keluar Pipa.....	20
2.11 Daya Pompa	21
2.12 Efisiensi Pompa	22
 BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Rancang Bangun Pompa Air	24
3.2 Studi Literatur	25
3.3 Konsep Desain	25
3.4 Perancangan Alat Pompa Air Piston.....	25
3.5 Prosedur Penelitian.....	25
3.6 Alat Dan Bahan Penelitian	26
3.7 Pengujian Alat.....	28
3.8 Kesimpulan Dan Saran	28
 BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL ANALISA	
4.1 Pengembangan Dan Pemilihan Konsep Pompa	29
4.2 Pemilihan Konsep Pompa Air Piston.....	29
4.2.1 Pemilihan Konsep Marfolorgi.....	32
4.3 Pembuatan Masing-Masing Komponen.....	34
4.4 Perancangan Komponen.....	43
4.5 Proses Pembuatan.....	44
4.5.1 Alat Bat Yang Digunakan	45

4.5.2 Perakitan.....	45
4.6 Uji Unjuk Kerja.....	46
4.7 Prosedur Penelitian.....	47
4.8 Debit	47
4.9 Head Kerugian	48
4.6.1 Head Kerugian Gesek Pada Isap Pompa	48
4.6.2 HeadKerugian Gesek Pada Pipa Tekan.....	48
4.6.3 Koefisien Kerugian Pada Belokan Pipa	49
4.6.4 Head Kerugian Total	49
4.6.5 Head Pompa	49
4.7 Daya Pompa	50
4.8 Daya Yang Dibutuhkan Pompa.....	50
4.9 Effisiensi Pompa	51
4.12 Data Hasil Pengujian.....	51
4.13 Evaluasi	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
Daftar pustaka	58
Lampiran	59

DAFTAR GAMBAR

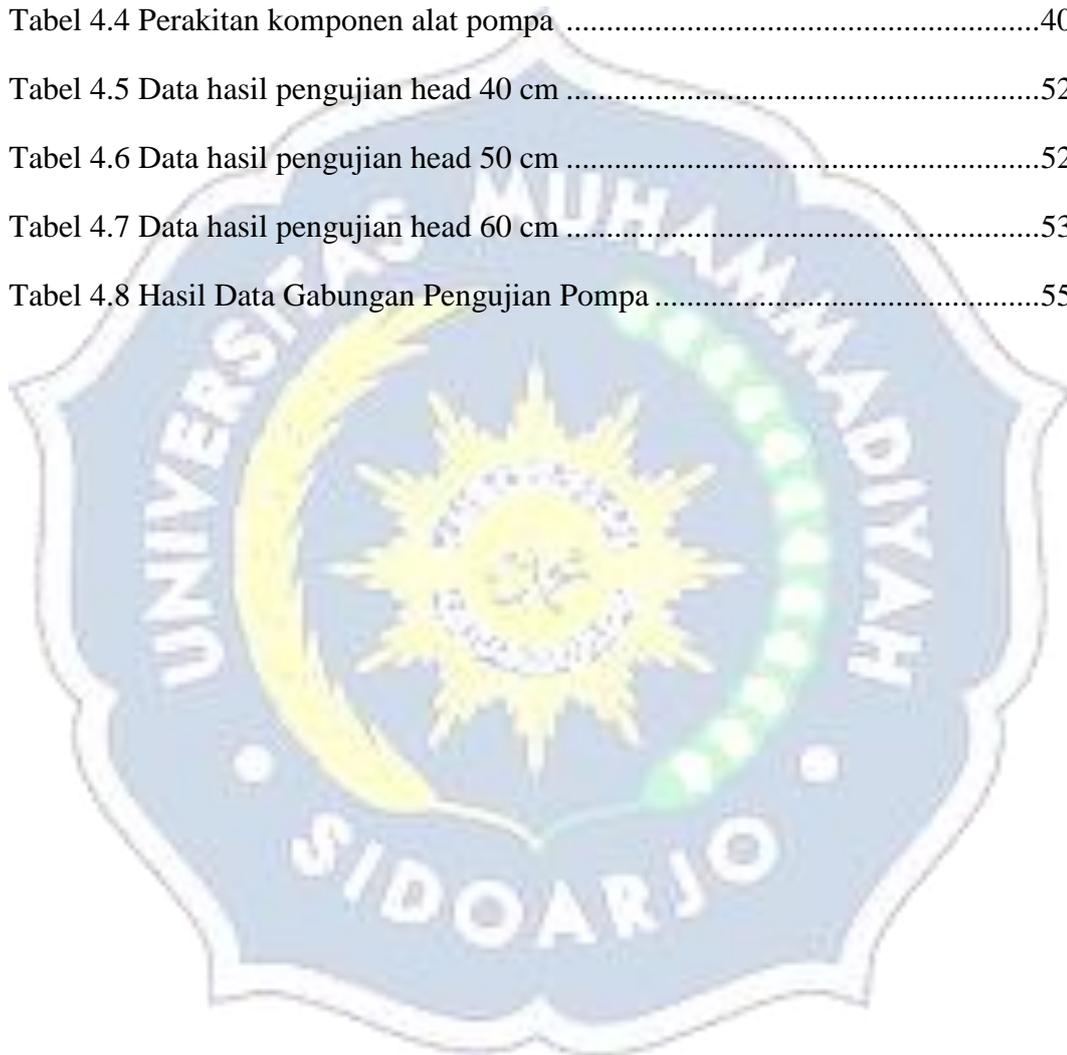
Gambar 2.1 Klasifikasi dan jenis pompa	7
Gambar 2.2 Pompa Torak	10
Gambar 2.3 Pompa piston tunggal	12
Gambar 2.4 Prinsip Kerja	
Gambar 2.5 Head pompa.....	19
Gambar 2.6 Kurva unuk kerja pompa	20
Gambar 2.7 Diagam <i>moody</i>	22
Gambar 2.8 Berbagai bentuk ujung pipa.....	24
Gambar 2.9 Berbagai bentuk ujung masuk pipa	24
Gambar 2.10 Daya pompa.....	25
Gambar 2.11 Daya penggerak poros	27
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 Pompa Piston.....	26
Gambar 3.3 <i>Stopwatch</i>	27
Gambar 3.4 Gelas Ukur.....	27
Gambar 4.1 Pompa air <i>single</i> piston	30
Gambar 4.2 Desain piston	31
Gambar 4.3 Konsep desain <i>double</i> piston.....	32
Gambar 4.4 Bagian-bagian komponen pompa	35
Gambar 4.5 Desain konsep terpilih.....	43
Gambar 4.6 Pembuatan Rangka Pompa.....	44
Gambar 4.7 Komponen dan Alat Bantu.....	46
Gambar 4.8 Grafik Debit.....	53
Gambar 4.9 Grafik Daya	54
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Pompa	55

Gambar 4.11 Grafik Gabungan pengujian56



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Konsep pompa.....	33
Tabel 4.2 Dasar pemilihan konsep	34
Tabel 4.3 Pembuatan masing-masing komponen.....	35
Tabel 4.4 Perakitan komponen alat pompa	40
Tabel 4.5 Data hasil pengujian head 40 cm	52
Tabel 4.6 Data hasil pengujian head 50 cm	52
Tabel 4.7 Data hasil pengujian head 60 cm	53
Tabel 4.8 Hasil Data Gabungan Pengujian Pompa	55



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini dengan meningkatnya krisis energi dunia, yang menimpa di beberapa Negara, khususnya Indonesia menjadikan ketertarikan akan sumber daya alternatif meningkat. Sedangkan energi fosil selama ini merupakan sumber energi utama, ketersediaanya sangat terbatas. Memerlukan waktu yang lama untuk dapat kembali menyediakan energi fosil tersebut.

Menurut Blueprint Pengolahan Energi Nasional yang dikeluarkan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Manusia (DESDM, 2005) dalam kurun waktu 18 tahun dengan ratio cadangan/produksi pada tahun tersebut. Sedangkan gas diperkirakan akan habis dalam kurun waktu 61 tahun dan batubara 147 tahun.

Pemanfaatan angin sebagai sumber energi telah digunakan sejak ratusan tahun silam. Untuk memanfaatkan angin sebagai sumber energi mulai dilirik dan dikembangkan. Ini disebabkan oleh kesadaran manusia akan persediaan sumber energi fosil yang semakin menipis seperti minyak, batu bara dan mineral lainnya jumlahnya sangat terbatas, selain itu semakin berkembangnya kesadaran manusia akan lingkungannya. Sebagaimana telah kita ketahui bahwa penggunaan minyak bumi dan turunannya akan menghasilkan polusi terhadap lingkungan yang berupa debu, asap dan suara mengganggu yang berasal dari mesin-mesin yang menggunakannya sebagai bahan bakar.

Menurut (Mohammad Guntur, 2009) pemanfaatan energi angin menggunakan kincir angin merupakan pilihan yang bijak karena ramah lingkungan energi sendiri telah disediakan alam untuk manusia secara gratis. Dari hasil perancangan pompa dan kincir angin untuk irigasi MB 12-7 debit air ideal 3.8 liter/detik daya kincir terendah dengan angin 2 m/s 225.19 watt, daya pompa yang didapat adalah 208,25 watt, total per angkatan *stroke* pompa 4.48 liter dan berat pompa 13.02 kg.

Penelitian mengenai kincir angin savonius sebagai penggerak pompa pernah dilakukan oleh mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2010. Maulana dan Naufal merancang dan membuat model kincir angin

savonius dua tingkat sebagai penggerak pompa torak dan menguji kinerjanya. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa model tersebut tidak memberikan kinerja yang maksimal, dimana debit yang dihasilkan masih sangat kecil,

(Reyneildya, D. Latuheru, Tagor Simanjuntak) untuk mendapatkan spesifikasi dan dimensi suatu kincir angin dan pompa air secara teoritis dan secara eksperimental, dimana selain menghitung secara teoritis juga merancang alat (kincir angin dan pompa air jenis torak).

Pompa adalah peralatan mekanis untuk mengubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya. Selain itu, pompa juga dapat digunakan untuk memindahkan fluida ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi atau memindahkan fluida ke tempat lain dengan jarak tertentu.

Penggunaan pompa untuk memenuhi kebutuhan air memang sebuah solusi yang tepat dan telah terbukti sukses digunakan dari generasi ke generasi. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dapat digunakan pompa yang tidak memerlukan energi penggerak motor *diesel* sebagai penggerak pompa utama.

Lahan persawahan yang berada di desa lebo kabupaten Sidoarjo merupakan salah satu lahan digunakan oleh masyarakat setempat untuk menanam sayur-sayuran dan padi. Dimana dalam musim panas sering mengalami kendala krisis air untuk mengairi lahan sawahnya. Namun demikian irigasi yang dilakukan oleh para petani masih menggunakan pompa mesin *diesel* sebagai penggerak pompa untuk mengairi persawahan mereka jelas menambah biaya pada para petani jika hal ini terus menerus pada musim kering.

Dari kasus yang terjadi diatas lahan persawahan di desa lebo tersebut, penggunaan untuk solusi irigasi para petani di musim kering layak untuk dipertimbangkan yaitu dengan membuat pompa air tenaga kincir angin.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat diambil beberapa perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan dan pembuatan pompa piston untuk mendapatkan debit optimal yang digerakkan oleh kincir angin

2. Bagaimana dengan pengaruh berbeda-beda ketinggian head dan debit yang dihasilkan oleh pompa
3. Bagaimana unjuk kerja pompa piston tenaga kincir angin

1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan ini dapat lebih terarah dan mempunyai ruang lingkup yang jelas, maka diberikan batasan masalah yaitu meliputi:

1. Desain pompa air yang meliputi pemilihan bahan pompa dan sesuai dengan kondisi bentuk kincir angin yang dibuat
2. Kapasitas debit yang dihasilkan oleh pompa air sesuai hasil dari pengujian dengan berbeda ketinggian head
3. Kapasitas daya yang dibutuhkan pompa sesuai dengan hasil pengujian

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Mengetahui daya pompa piston
2. Mengetahui debit air yang dihasilkan
3. Mengetahui head pompa keseluruhan

1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada masyarakat secara umum dan petani tentang teknologi terbaru yaitu rancang bangun pompa air tenaga kincir angin yang dimanfaatkan sebagai alternatif untuk mengairi lahan persawahan di desa lebo kabupaten sidoarjo khususnya.
2. Menerapkan ilmu perkuliahan yang diperoleh dari bangku perkuliahan dan mampu mengembangkannya.

1.6 Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan penulis dalam penyusunan tugas akhir kali ini adalah:

1. Bagian awal skripsi

Bagian awal skripsi ini berisi: halaman judul skripsi, pengesahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar dan lampiran.

2. Bagian inti skripsi

Untuk mendapatkan gambaran yang lengkap dan menyeluruh mengenai dari skripsi ini, maka akan diuraikan secara garis besar sistematika penulisannya.

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang teori dasar-dasar pompa beserta rumus-rumus yang akan digunakan dalam melakukan analisa.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang alur dari penelitian dan desain pompa air tenaga kincir angin serta pembuatan alatnya.

BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

Berisikan data - data analisa dan berisi data hasil perhitungan yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Berisikan kesimpulan berdasarkan hasil analisa dan memberikan saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Kincir Angin

Kincir angin adalah salah satu mesin konversi energi yang menghasilkan gerak mekanis yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan manusia sehari-hari. Pemanfaatan gerak mekanis ini bisa untuk menghasilkan energi listrik, dari pemanfaatan pemanfaatan perubahan mekaniknya ini untuk menggerakkan pompa air untuk irigasi. Perkembangan kincir angin secara umum sangat tergantung pada biaya teknologi energi angin pada lingkungan spesifik dengan biaya penyediaan bahan bakar minyak dan listrik yang relatif tinggi. Kincir angin secara umum dapat dikatakan sebagai suatu alat yang digerakkan udara untuk menghasilkan gaya mekanis dan dilanjutkan sesuai kebutuhan kebutuhan. Penggunaan desain berbagai kombinasi yang berbeda-beda, yang meliputi bentuk sudu, jumlah sudu dan tentunya sudu tersebut ditetapkan untuk menetapkan perbandingan perlengkapan pada transmisi untuk menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi.

Energi angin sebagai tenaga penggerak telah lama dikenal dan dimanfaatkan oleh manusia. Perahu layar yang menggunakan energi angin untuk melewati perairan sudah sangat lama sekali begitu dengan kincir Amsterdam memanfaatkan energi angin. Sebagian besar energy yang digunakan di Indonesia berasal dari energy fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas bumi (Alamsyah, 2007)

Pemanfaatan teknologi energi angin menggunakan kincir angin merupakan pilihan yang bijak karena selain ramah lingkungan energi endiri telah disediakan secara gratis. (Mohammad Guntur, 2009)

2.2 Pengertian Pompa

Pompa adalah suatu perangkat keras yang berfungsi mengalirkan, memindahkan bahkan dapat pula mensirkulasikan fluida cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan melalui gerak piston atau impeller. Pompa disamping berfungsi sebagai yang tersebut diatas juga dapat menempatkan

kecepatan aliran dan cairan dan juga digunakan untuk memindahkan lebih banyak dalam batas waktu tertentu.

Pompa juga dapat diartikan sebagai mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi, atau dari suatu tempat yang bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan tinggi dengan melewati fluida tersebut pada sistem perpipaan. (Pudjanarsa dan Nursuhud, 2003)

Tenaga penggerak pompa biasanya adalah *steam engine*, *gas engine*, motor listrik dan motor bakar, tetapi disini pompa digerakkan dengan kincir angin.

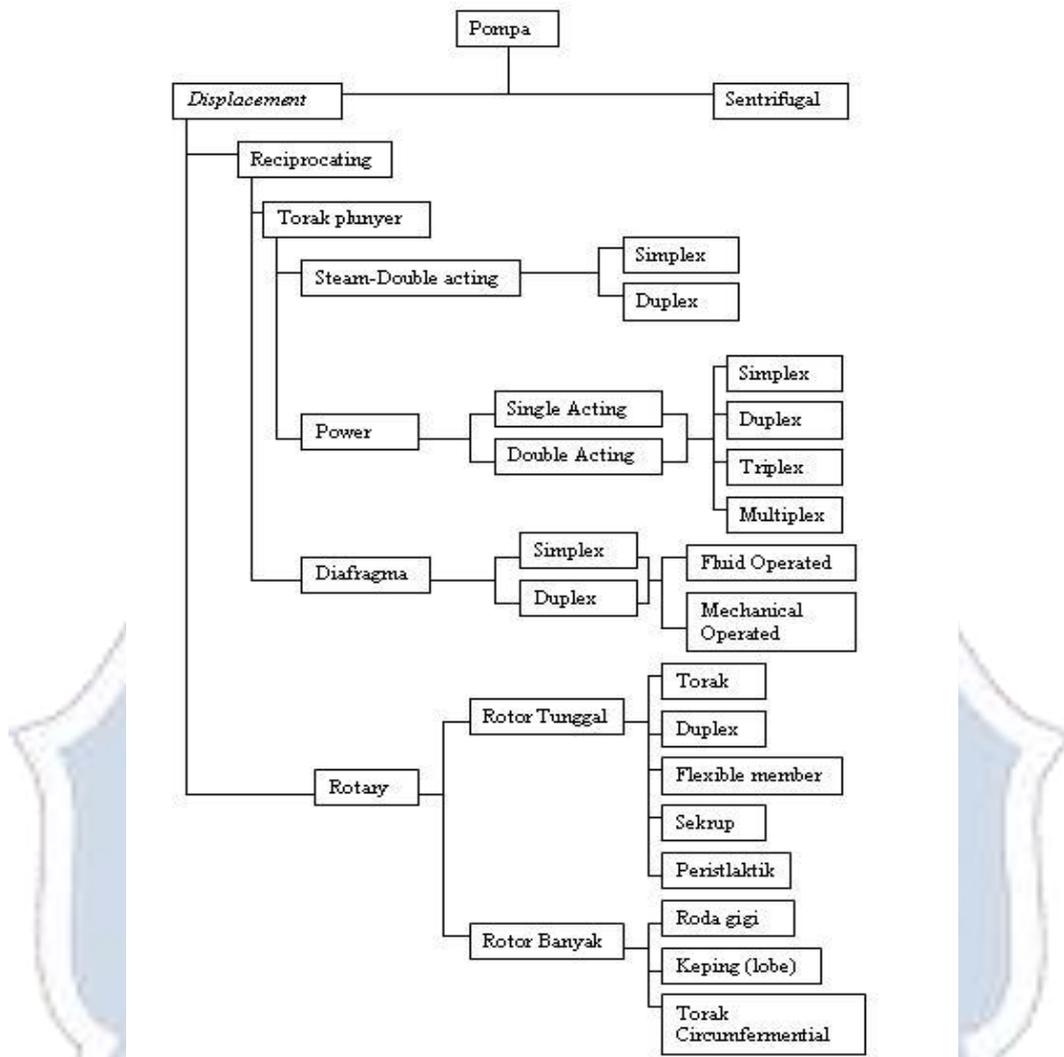
2.3 Klasifikasi dan Jenis Pompa

Pompa dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut prinsip kerjanya, yaitu:

- a. Pompa perpindahan positif (*displacement*)
- b. Pompa dinamik (*dynamic*)

Masing-masing jenis diatas masih dibagi lagi menjadi beberapa jenis menurut jumlah tingkat, bentuk *element* pompa, jumlah kerja dan aliran fluida.

Klasifikasi pompa dapat dilihat seperti pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Klasifikasi dan jenis pompa

Sumber: *Pudjanarsa dan Nursuhud, 2003. Diktat Mesin Konversi Energi. Jakarta (hal. 93)*

Pompa dinamik adalah suatu pompa dengan volume ruang yang tidak berubah pada saat pompa bekerja, energi yang diberikan pada cairan adalah energi kecepatan, sehingga cairan berpindah karena adanya perubahan energi kecepatan yang kemudian dirubah menjadi energi dinamis di dalam rumah pompa itu sendiri Yang termasuk dalam kelompok pompa kerja dinamis, antara lain:

- a. Pompa kerja khusus
 - Pompa jet
 - Pompa *hydran*

– Pompa elektromagnetik

b. Pompa sentrifugal (*Centrifugal Pumps*)

Salah satu jenis pompa kerja dinamis adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetik (kecepatan) cairan menjadi energi potensial melalui sudu impeller yang berputar dalam cairan, Gaya sentrifugal yang timbul karena adanya gerakan sebuah benda atau partikel melalui lintasan lengkung (melingkar)

2.4 Pompa *Positive Displacement Pump*

Pompa perpindahan (*Positive Displacement*) adalah pompa yang bekerja dengan perubahan volume ruang pompa, perubahan volume ruang pompa dilakukan oleh element gerak pompa yang bergerak translasi atau bolak-balik dalam ruang pompa, maupun yang bergerak rotasi.

Ketika terjadi pembesaran volume rumah pompa maka terjadi penurunan tekanan di dalam rumah pompa, sehingga fluida yang memiliki tekanan lebih tinggi mengalir ke dalam rumah pompa melalui saluran hisap. Pada saat terjadi pengecilan volume rumah pompa maka fluida di dalam rumah pompa tekanannya naik sehingga fluida mengalir melalui saluran tekan.

Pompa jenis ini dapat menghasilkan head yang tinggi, tetapi aliran fluida yang dihasilkan tidak kontinu tetapi periodik. Salah satu kelebihan pompa *displacement* dibanding jenis dinamik adalah pompa jenis *displacement* dapat memompa udara dengan baik.

2.4.1 Pompa *Rotary*

Pompa *rotary* adalah jenis pompa *displacement* yang pemompaan utamanya disebabkan oleh pergerakan antar *element* pemompaan. Pada seluruh pompa jenis perpindahan positif, sejumlah cairan yang sudah ditetapkan dipompa pada setiap putarannya.

Ciri khusus dari pompa rotary bahwa cairan yang dipindahkan oleh mekanisme perpindahan volume baling-baling pompa, tidak tergantung pada kecepatan aliran fluida.

2.4.2 Pompa Roda Gigi

Pompa roda gigi adalah pompa rotary yang mana dua atau lebih roda gigi yang dihubungkan untuk mendapatkan aksi pemompaan. Karakteristik bahwa salah satu dari roda gigi menjadi penggerak roda gigi lainnya. Kontak mekanik antara bentuk roda gigi seluruh bagian dari pergerakan penguncian fluida antara sisi masuk dan sisi keluar.

Ada pula karakteristik yang membedakan roda gigi dari pompa lobe, yang mana rotor tidak mampu menggerakkan lainnya, dan yang mana kontak penguncian fluida berkedudukan antara *lobe-lobe*. Dua jenis pompa roda gigi adalah pompa roda gigi luar dan pompa roda gigi dalam.

2.4.3 Pompa lobe

Pompa lobe bentuk permukaan dibulatkan yang mana mengizinkan rotor-rotor terus berhimpitan, tetapi rotor-rotornya tidak saling menggerakkan. Tidak seperti pompa roda gigi, jumlah kedua lobenya tidak mengizinkan salah satu rotor menggerakkan rotor yang lain dan semua pompa lobe menghendaki waktu.

Pompa lobe dalam adalah salah satu rotor tunggal dengan lobe sepanjang keliling bentuk pompa, dengan digerakkan pada kombinasi rotasi dan girasi dari rotasi pada pusat body.

2.4.4 Pompa baling – baling

Pompa baling-baling adalah pompa yang bekerja dengan perputaran baling-baling dimana dengan arah tertentu untuk mendapatkan dorongan ke sisi tekan pompa. Baling-baling berjalan pada kontak kelonggaran yang kecil, dengan dinding stator sehingga kebocoran fluida dari sisi tekan ke sisi isap dapat dihindari.

2.5 Pemilihan Pompa

Alternatif pemilihan pompa untuk mendistribusikan air bersih untuk irigasi perlu diperhatikan beberapa alasan dalam pemilihan pompa yang akan digunakan, hal tersebut adalah:

1. Karakteristik fluida itu sendiri

2. Tekanan
3. Kapasitas

Hal ini dikarenakan dikarenakan dimana pompa yang akan dipergunakan bertujuan untuk mengalirkan air bersih dari permukaan yang lebih rendah ke permukaan yang lebih tinggi.

2.6 Pompa Torak

Untuk pompa torak kerja tunggal dan silinder tunggal, bila batang torak dan torak bergerak ke atas, zat cair akan terisap oleh katub isap di sebelah bawah dan pada saat yang sama cairan yang ada di sebelah atas torak akan terkempakan keluar. Jika torak bergerak ke bawah katub isap tertutup dan katub kempa terbuka sehingga cairan tertekan ke atas torak melalui katub kempa dan terjadi kerja isap bergantian.

Pompa torak kerja ganda sama dengan cara kerja pompa torak kerja tunggal, tetapi pada pompa torak kerja ganda terdapat dua katub isap dan dua katub kempa yang masing-masing bekerja secara bergantian.karena itu aliran zat cair menjadi relatif lebih teratur.

Untuk memperoleh kecepatan aliran zat cair yang lebih konstan dapat digunakan pompa torak kerja ganda dengan silinder banyak.



Gambar 2.2 Prinsip kerja pompa torak tunggal

Kegunaan:

Pompa torak cocok digunakan untuk pekerjaan pemompaan dengan daya isap (*suction head*). pompa torak dapat digunakan untuk memompa udara dalam kapasitas yang besar.

Pompa torak terdiri dari komponen-komponen berikut:

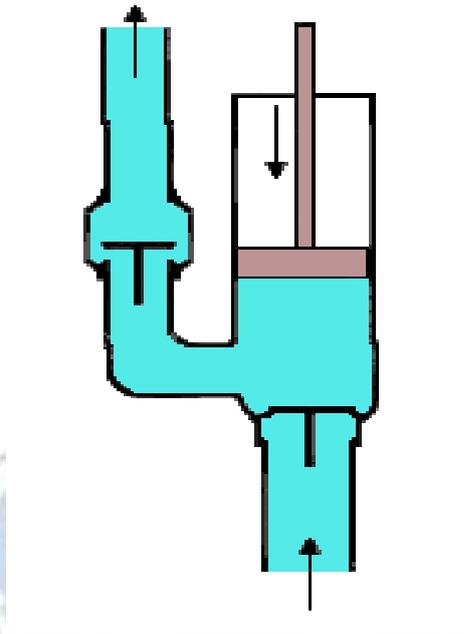
1. Torak
2. Silinder
3. Katup
4. Mekanik engkol dan batang penggerak
5. Lemari roda gigi
6. Satu sungkup udara atau lebih

2.7 Pompa Piston

Pompa piston memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa sentrifugal, tetapi kemajuan-kemajuan perencanaan pada pompa sentrifugal telah mengimbangi efisiensi yang tinggi ini, bila beroperasi pada kondisi-kondisi tertentu, dimana pompa sentrifugal ini paling sesuai dan banyak digunakan, Pompa piston digunakan secara luas, dimana kemampuan beberapa variable tekanan adalah pertimbangan yang penting.

Macam –macam pompa

Pompa piston/silinder yang telah dikombinasikan masih banyak dioperasikan oleh masyarakat, tapi efisiensinya akan sangat rendah. Dari itu pemeliharaan dan perbaikan harus disertakan dan jika mungkin dengan cepat dan cara yang mudah. Berikut beberapa contoh pompa piston aksi tunggal:



Gambar 2.3 Pompa piston kerja tunggal

Sumber: *E.H Lyen, introduction to wind energy, 1983*

Keuntungan pompa piston adalah sebagai berikut:

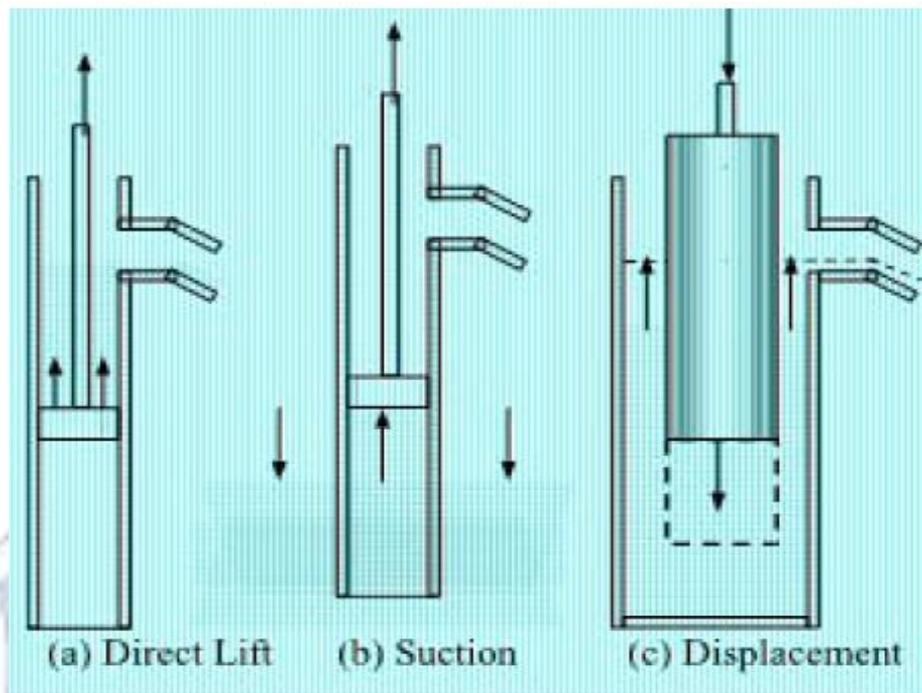
- a. Dapat bekerja langsung tanpa melakukan pemampangan
- b. Memiliki efisiensi yang tinggi dari pada pompa sentrifugal
- c. Pada putaran yang konstan, dapat menghantarkan fluida yang berbeda-beda pada tekanan yang hampir sama.

Kerugian pompa piston dibandingkan pompa sentrifugal:

- a. Rumit dalam hal pemeliharaan
- b. Pondasi harus kokoh karena memiliki bobot atau dimensi yang cukup besar
- c. Tidak dapat dihubungkan dengan motor penggerak sehingga memerlukan transmisi
- d. Menimbulkan suara yang berisik yang diakibatkan gerakan bolak-balik
- e. Memerlukan tempat yang luas

Pada dasarnya komponen utama pompa piston itu sendiri, dua valve yaitu suction valve dan delivery pipe, terkadang air chambers berfungsi untuk melancarkan aliran dan untuk mengurangi gaya guncangan. Pada pompa piston

sederhana, valve bagian atas adalah sangat penting penempatannya dalam piston. Valve bagian bawah disebut juga foot valve yang berfungsi sebagai check valve agar air selalu ada dibagian bawah. Seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Prinsip kerja

Sumber : *(National renewable energy laboratory, 2001)*

Prinsip kerja operasional dari pompa piston sangatlah sederhana, jika piston bergerak ke arah bawah, valve atas terbuka dan foot valve bawah tertutup.

2.8 Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa adalah jumlah aliran tiap satuan waktu. Dalam teori pompa, kapasitas ini dibedakan menjadi 3 bagian yaitu:

1. Kapasitas teoritis (Q_{th}) adalah kapasitas ideal dari suatu pompa. Kapasitas ini tidak memperhitungkan adanya kerugian-kerugian dalam pompa.
2. Kapasitas actual (Q_a / Q_r) adalah jumlah cairan yang mengalir keluar pompa tiap satuan waktu. Kapasitas actual merupakan kapasitas teoritis dikurangi dengan kerugian-kerugian.
3. Kapasitas optimum adalah kapasitas yang didapat pada saat pompa bekerja pada efisiensi total yang maksimum.

Kapasitas pompa jenis displacement sebanding dengan perubahan volume ruang pompa. Sehingga kapasitas pompa sangat ditentukan oleh ukuran ruang pompa dan jumlah langkah atau putaran per satuan waktu.

2.9 Aliran Air Dalam Pipa

Melalui persamaan kontinuitas hubungan antara kecepatan aliran fluida, luas penampang pipa dan debit aliran zat cair dapat ditentukan dengan rumus:

$$Q = V.A \quad (2.1)$$

Dimana:

Q = debit zat cair (m³/s)

V = kecepatan aliran air dalam pipa (m/s)

A = luas penampang pipa (m²)

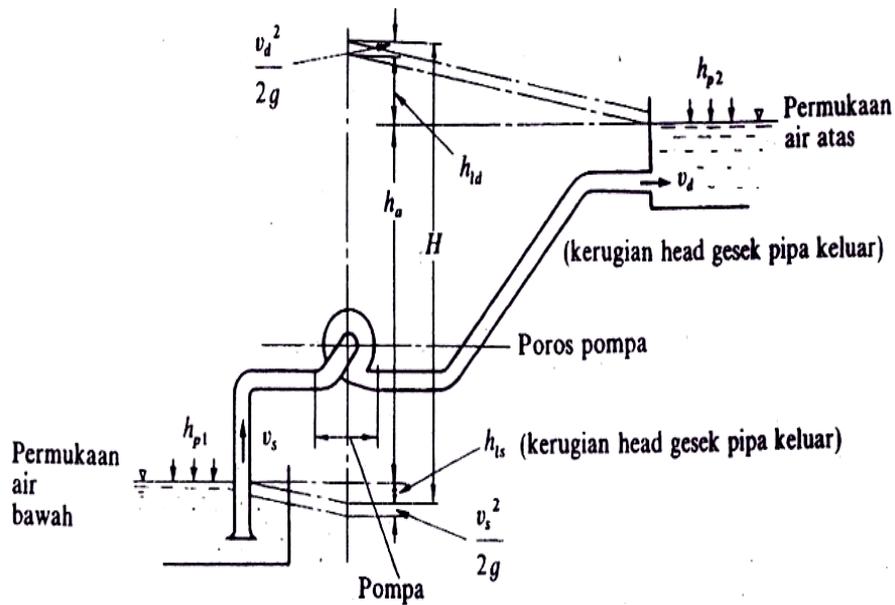
2.10 Head

Head adalah yang dapat dibangkitkan oleh suatu pompa dipengaruhi oleh jenis pompa, bentuk impeller, putaran, dan berat jenis fluida yang dipompa, semakin berat jenisnya maka head yang dibangkitkan akan semakin kecil.

Semakin dekat dengan permukaan laut maka tekanan atmosfer semakin tinggi sehingga tekanan antara permukaan fluida yang dipompa dan ruang pompa akan semakin besar yang berarti head pompa akan semakin besar. Head pompa selain digunakan untuk memindahkan fluida ke arah vertical juga digunakan untuk melawan hambatan yang terjadi, maka kemampuan pompa untuk mengangkat fluida akan semakin rendah.

2.10.1 Head Total Pompa

Dalam memilih suatu pompa untuk maksud tertentu, terlebih dahulu harus diketahui aliran serta head yang diperlukan untuk mengalirkan zat cair yang akan di pompa. Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air, dapat ditentukan dari instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Dapat dilihat seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Head Pompa

Sumber : Sularso, 2000. Hal 10

Head total pompa dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$H = h_a + \Delta h_p + h_{tot} + \frac{1}{2g} (v_t^2 - v_s^2) \quad (2.2)$$

(2.2) Sumber: Sularso, Haruo Tahara, Pompa & Kompresor (Jakarta) Hal 27

Dimana:

H : head total pompa (m)

h_a : head statis (m)

Δh_p : perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

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

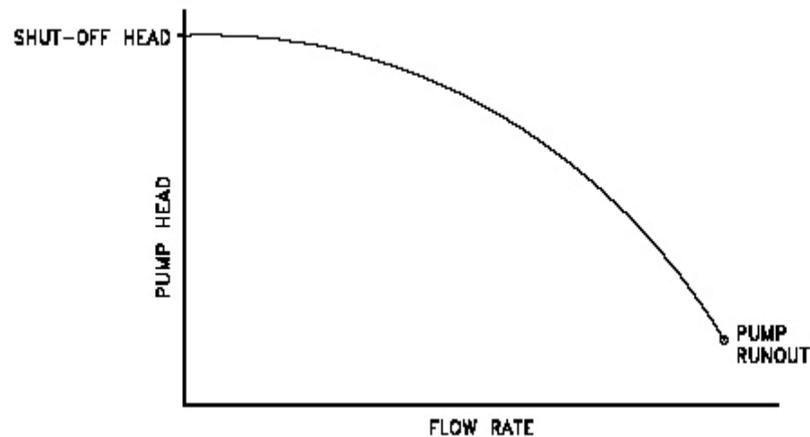
h_{tot} : kerugian head total (m)

g : percepatan gravitasi (9.8 m/s^2)

v_s : kecepatan aliran rata-rata di pipa hisap (m/s)

v_d : kecepatan aliran rata-rata di pipa keluar (m/s)

Unjuk kerja pompa umumnya digambarkan dalam kurva Q-H seperti gambar dibawah ini



Gambar 2.6 Kurva unjuk kerja pompa

Sumber: Sularso, 2000 hal.10

Head total pompa salah satunya dipengaruhi oleh berbagai kerugian pada sistem perpipaan yaitu gesekan dalam pipa, katup, belokan, sambungan, reduser dll. Dimana kerugian-kerugian tersebut akan dijumlahkan untuk mengetahui kerugian head yang terjadi dalam instalasi. Berikut akan dihitung pemipaan dan instalasi pemipaan dari instalasi pompa.

2.10.2 *Head Losses*

Head losses adalah kerugian-kerugian pada aliran yang disebabkan oleh adanya faktor gesek fluida pada dinding dalam pipa adanya katup belokan kerugian-kerugian tersebut digolongkan menjadi dua kelompok yaitu:

1. Kerugian *head mayor* adalah kerugian yang dialami aliran karena adanya gesekan antara fluida dengan permukaan bagian dalam pipa.
2. Kerugian *Head Minor* adalah kerugian yang dialami oleh aliran fluida (zat cair) yang diakibatkan karena adanya perubahan penampang, belokan serta adanya katup.

2.10.3 *Head Mayor*

Harga kerugian head mayor yaitu dipengaruhi oleh:

1. Factor gesekan f
2. Panjang pipa L (m)
3. Diameter dalam pipa ID (m)

4. Kecepatan raat-rata V (m/s^2)

Seara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:

Dengan formula Darcy Weisbech: (Ref.2 hal 16)

$$H_{L.Ma} = f \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2.3)$$

Dimana

f : *friction coefficient*

L : panjang pipa (m)

D : diameter dalam pipa (m)

V : kecepatan aliran rata rata dalam pipa (m/s)

g : percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

$\frac{V^2}{2g}$: *velocity head* (m)

2.10.4 *Minor losses*

Besarnya harga *minor losses* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$H_{L.Mi} = k \cdot \left(\frac{V^2}{2g} \right) \quad (2.4)$$

Dimana:

$H_{L.mi}$: minor losses (m)

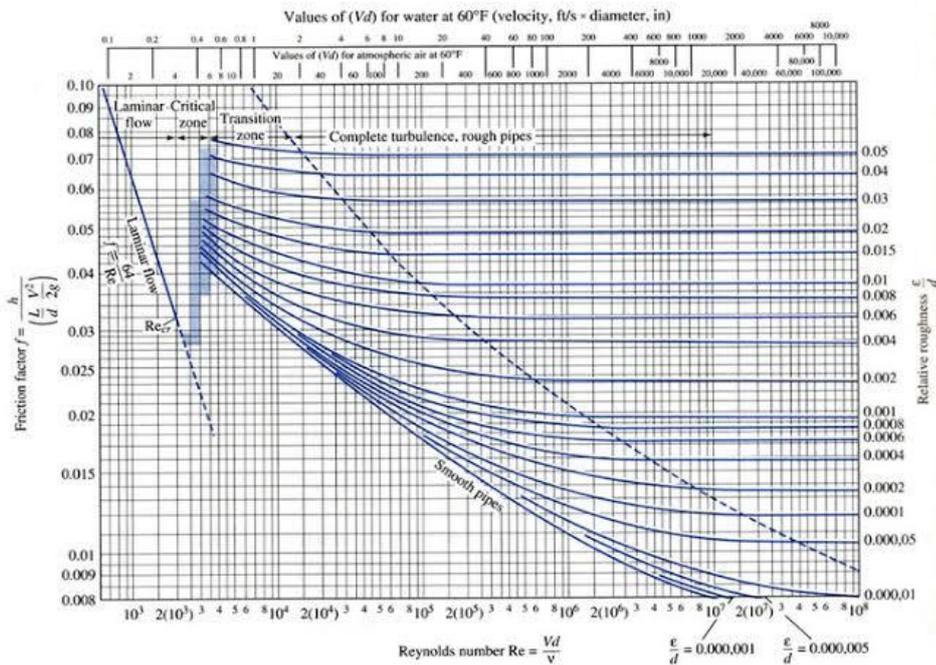
k : faktor gesek

v : kecepatan rata-rata aliran ida (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

2.10.5 Faktor Gesek Dalam Pada Pipa

Factor gesekan dalam pipa merupakan fungsi dari bilangan Reynold (Re) dan kekasaran relatif permukaan (e/D). Maka factor gesekan dapat dilihat pada diagram Moody seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.7 Diagram Moody (Biro Effisiensi Energy, 2004)

Kekasaran permukaan (f) dalam pipa tergantung pada bahan yang dipakai, Sebagai patokan apakah suatu aliran itu termasuk dalam aliran *laminar*, *transisi* atau *turbulen* dapat dipakai bilangan *reynold*:

$$Re = \frac{v.d}{\nu} \quad (2.5)$$

Sumber: Sularso, Haruo Tahara, Pompa & Kompresor (Jakarta) Hal 28

Dimana:

Re : bilangan reynold

V : kecepatan aliran rata-rata di dalam pipa (m/s)

d : diameter dalam pipa (m)

ν_k : viskositas cairan zat cair (m/s²)

Untuk aliran laminar, factor gesekan dapat pula dihitung secara matematis tetapi tidak ada hubungan dengan bilangan reynold pada aliran turbulen, yaitu:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (2.6)$$

Dimana:

F = faktor gesek

Re = bilangan reynold

Pada $Re < 2300$ (aliran laminar), $Re > 4000$ (aliran turbulen), dan pada $Re 2300 - 4000$ terdapat daerah transisi, bisa laminar atau turbulen tergantung kondisi pipa dan aliran.

Harga f sebagai fungsi bilangan Reynolds dan kekasaran permukaan dapat disajikan dalam bentuk grafis. Harga f di grafikkan oleh moody yang dikenal dengan nama diagram moody, tapi perlu diingat bahwa nilai pada diagram moody diperuntukkan untuk pipa baru yang masih baru, jika pipa lama factor gesekan bergantung pada fluida dan tingkat kekasaran pipa karena adanya perkaratan pada pipa yang mengakibatkan permukaan dalam pipa menjadi kasar. Untuk pipa yang telah dipakai bertahun-tahun, harga kerugian gesek menjadi 1,5 sampai 2 kali harga barunya.

Moody juga memberikan rumus pendekatan yang memberikan harga koefisien gesekan lebih akurat (ref.hal.187)

$$f = 0,0055 \left[1 + \left(2000 \times \frac{8}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right] \quad (2.7)$$

dimana:

f : Koefisien gesekan

e : nilai kekasaran

D : diameter dalam pipa

Re : bilangan Reynolds

Cara menentukan harga f untuk berbagai bentuk transisi pipa akan di perinci seperti dibawah ini:

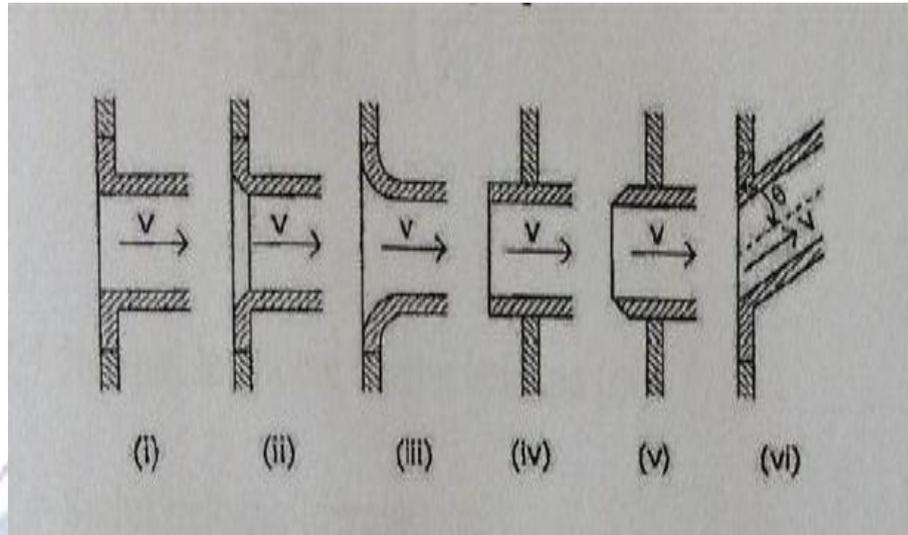
2.10.6 Pada Ujung Masuk Pipa

Jika “ v ” menyatakan kecepatan aliran setelah masuk pipa, maka harga koefisien kerugian f dari rumus . Untuk berbagai bentuk ujung masuk pipa seperti diperlihatkan dalam gambar menurut weisbach sebagai berikut

1. $f = 0,5$
2. $f = 0,25$
3. $f = 0,06$ untuk r kecil – $0,005$ untuk r besar
4. $f = 0,56$
5. $f = 3,0$ (untuk sudut tajam) – $1,3$ (untuk sudut 45°)

$$6. f = f_1 \cos \Theta + 0,2 \cos$$

Dimana f_1 adalah koefisien bentuk dari ujung masuk pipa dan mengambil nilai harga dari 1 sampai 5 sesuai dengan bentuk pipa yang dipakai. Seperti pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.8 Berbagai bentuk ujung pipa

Sumber: Sularso, 2000. Hal 10

2.10.7 Kerugian pada ujung keluar pipa

Kerugian keluar pada ujung pipa menurut rumus

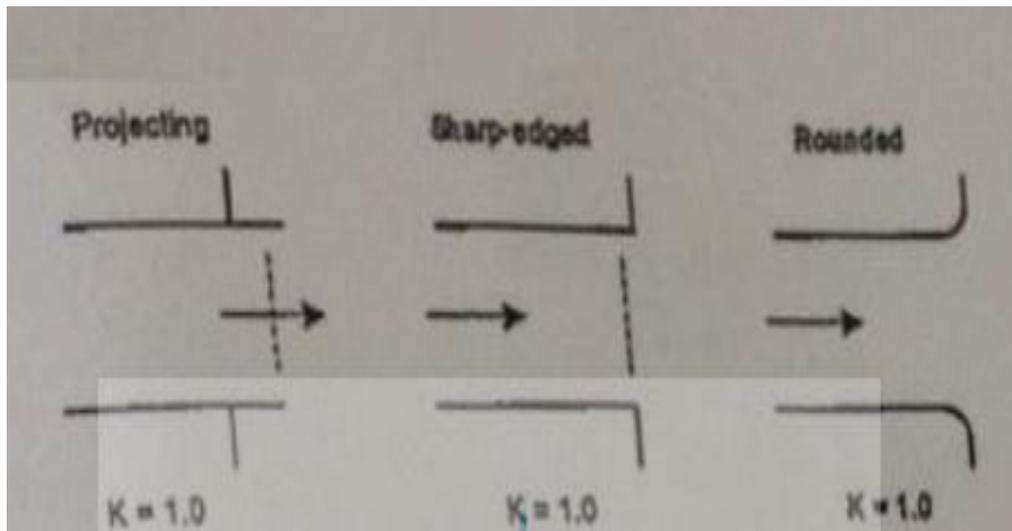
$$H_f = f \frac{v^2}{2g} \quad (2.8)$$

Dimana :

$$f = 1,0$$

V = kecepatan rata rata pada pipa keluar

Kerugian ujung keluar pipa dapat dilihat Seperti pada gambar 2.7 berikut



Gambar 2.9 berbagai bentuk ujung keluar pipa

Sumber: Sularso, 2000. Hal 10

2.11 Daya Pompa

Daya pompa adalah daya untuk menggerakkan pompa besarnya sama dengan daya air ditambah kerugian daya dalam pompa, dan dinyatakan sebagai:

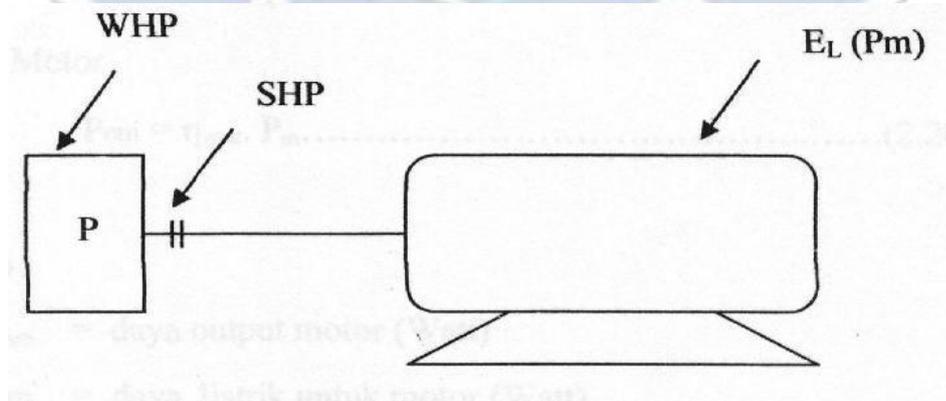
$$P = \frac{W_{hp}}{\eta_p} \quad (2.9)$$

Dimana:

P = daya poros (KW)

W_{hp} = daya air (KW)

η_p = efisiensi pompa



Gambar 2.10 Daya Pompa

Sumber: Sularso, 2000. Hal 10

- a. Daya Output Pompa (Water Horse Power) adalah daya efektif untuk Q_{act} dan H

$$P_{pump} = \gamma \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.10)$$

Sumber: Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud, 2003 *Mesin Konversi Energi* Hal 96

Dimana:

P_{pump} : daya pompa (watt)

γ : berat jenis air (N/m^3)

Q : debit air (m^3/s)

H : tinggi tekan total (m)

g : percepatan gravitasi ($9.8m/s^2$)

- b. Shaft Power

Daya poros adalah daya yang masuk poros pompa yang diberikan oleh mesin penggerak mula (prime move) seperti dilihat pada gambar kurva daya penggerak pompa dapat dilihat seperti gambar

$$SHP = \frac{WHP}{\eta_{poros}} \quad (2.11)$$

- c. Daya Motor

$$P_{em} = \eta_{mot} \cdot P_m = \quad (2.12)$$

Dimana:

P_{em} = daya output motor (Watt)

P_m = daya listrik untuk motor (Watt)

η_{mot} = efisiensi motor

Sumber: Sularso.2000. hal,10

2.12 Efisiensi Pompa

Effisiensi pompa merupakan perbandingan antara output dan input atau antara daya hidrolis pompa dengan daya poros pompa. Harga efisiensi yang tertinggi sama dengan satu harga efisiensi pompa yang didapat:

Rumus efisiensi dapat dilihat seperti berikut ini:

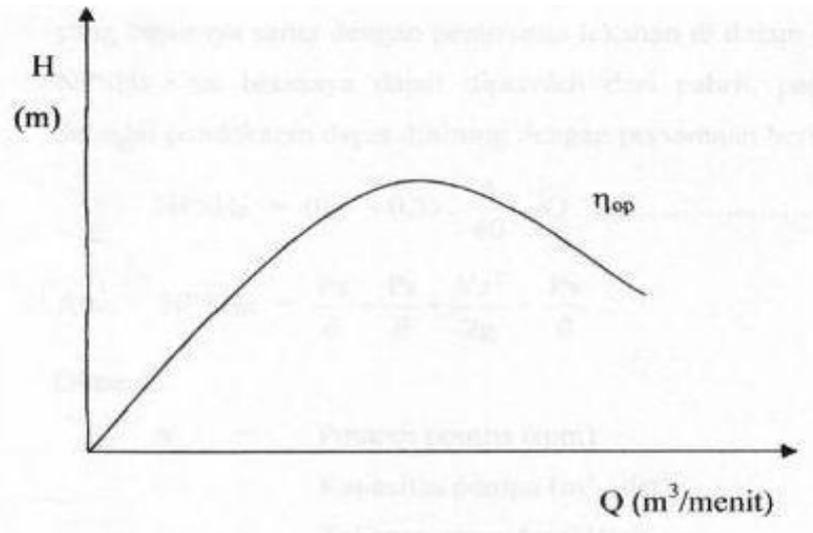
$$\eta_p = \frac{Ph}{Ps} \times 100\% \quad (2.13)$$

Dimana:

η_p = efisiensi pompa (%)

P_h = daya Hidrolis (kW)

P_i = Daya motor (kW)



Gambar 2.11 Daya Penggerak Poros

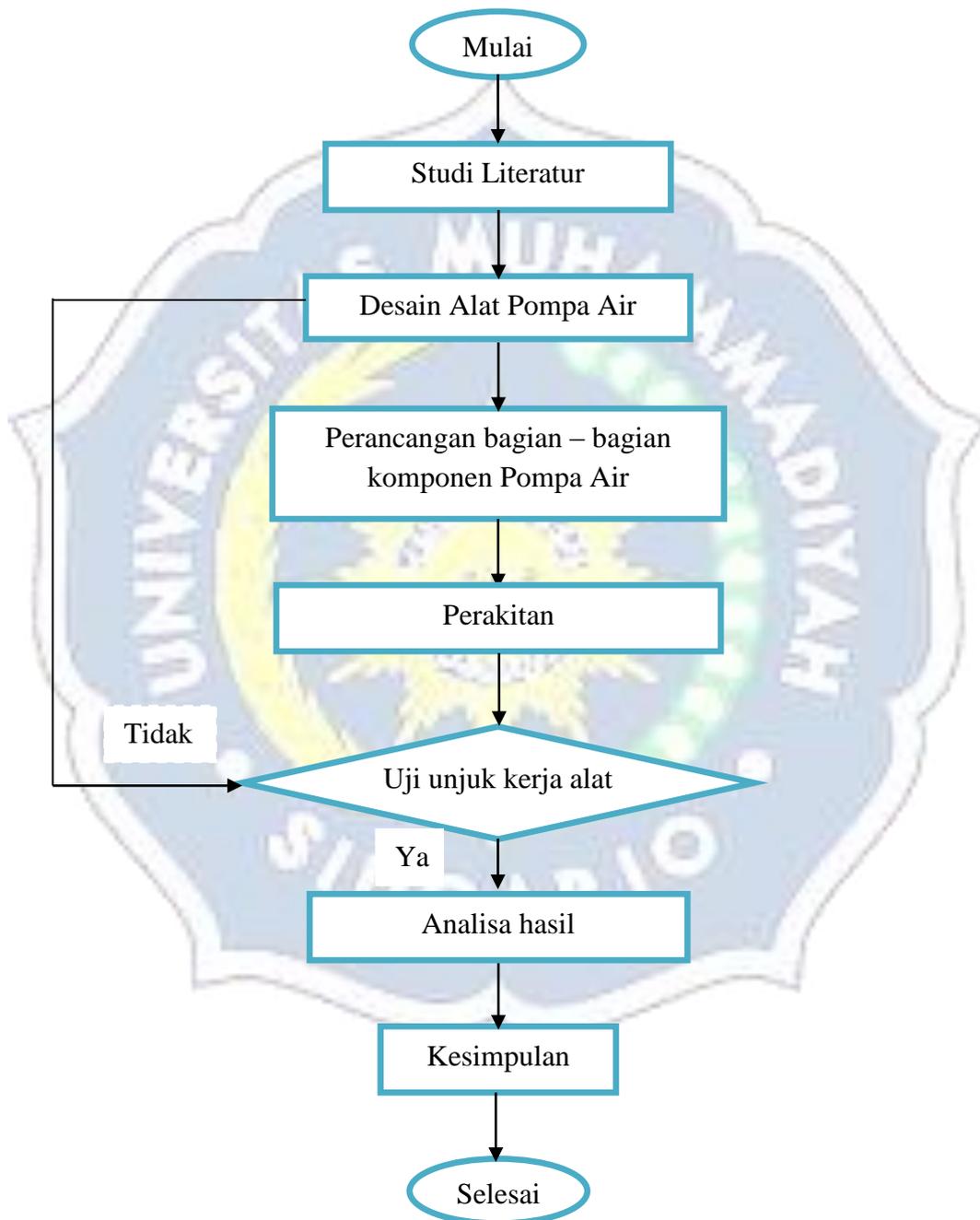
Sumber: Sularso.2000.hal. 10

Dari dasar-dasar pemilihan pompa tersebut dengan menggunakan pompa piston/torak yang sangat baik digunakan dalam pembuatan pompa air tenaga kincir angin di lahan persawahan desa lebo kabupaten sidoarjo.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Rancang Bangun Pompa Air Tenaga Kincir Angin (VAWT)



Gambar 3.1 Diagram alir perencanaan pembuatan pompa air tenaga kincir angin dapat dilihat diagram alir seperti di atas.

3.2 Studi Literatur dan Lapangan

Studi literatur merupakan tahap awal dan sebagai dasar untuk memulai skripsi ini sampai ke bab selanjutnya. Untuk menunjang penelitian ini, penulis melakukan observasi lapangan guna melakukan pengumpulan data mengenai pengembangan alat pompa air piston dengan penggerak kincir angin.

Observasi tersebut dilaksanakan untuk mengetahui kekurangan-kekurangan proses kerja tanpa menggunakan alat pompa air piston.

3.3 Konsep Desain

Berdasarkan rumusan masalah diatas konsep yang akan digunakan adalah membuat rancang bangun mesin pompa air piston. Alat ini berfungsi untuk mendistribusikan air dari sumber air ke tempat pengolahan air yaitu dengan alat pompa air piston.

3.4 Perancangan Alat Pompa Air Piston

Perancangan alat pompa air piston dilakukan untuk mengetahui performa apakah desain yang dibuat sesuai apa yang penulis harapkan.

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap perancangan adalah sebagai berikut:

1. Perancangan desain alat pompa air piston
2. Pembutan alat pompa air piston

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dimaksudkan agar penelitian ini berjalan dengan baik dan berurutan. Dengan adanya prosedur penelitian diharapkan penelitian dapat berjalan dengan lancar dan dapat mendapatkan hasil yang maksimal.

3.6 Persiapan Yang Dilakukan

Persiapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Memahami dan mempelajari karakteristik pompa dari kincir angin tersebut
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

3.7 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian diantaranya seperti pada gambar 3.2 sebagai berikut:

1. Satu buah pompa air piston tenaga kincir angin.



Gambar 3.2 Pompa piston

Sumber : Dokumen pribadi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Stopwatch adalah alat ukur besaran waktu yang dapat diaktifkan dan dimatikan. Seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.3 Stopwatch

2. gelas ukur adalah alat ukur volume cairan yang tidak memerlukan ketelitian yang tinggi. Gelas ukur mempunyai ukuran volume mili liter/cc yang bervariasi. Seperti pada gambar berikut:



Gambar 3.4 Gelas ukur

Sumber : Dokumen pribadi

Peralatan yang digunakan dalam penilitan diatas tersebut berfungsi sebagai mengukur waktu aliran debit ke penampang sebanyak 3 kali pengujian dengan berbeda ketinggian mulai dari 40 cm, 50 cm, dan 60 cm. Dan gelas ukur liter sebagai penampang yang digunakan untuk mengukur hasil debit air dari pompa.

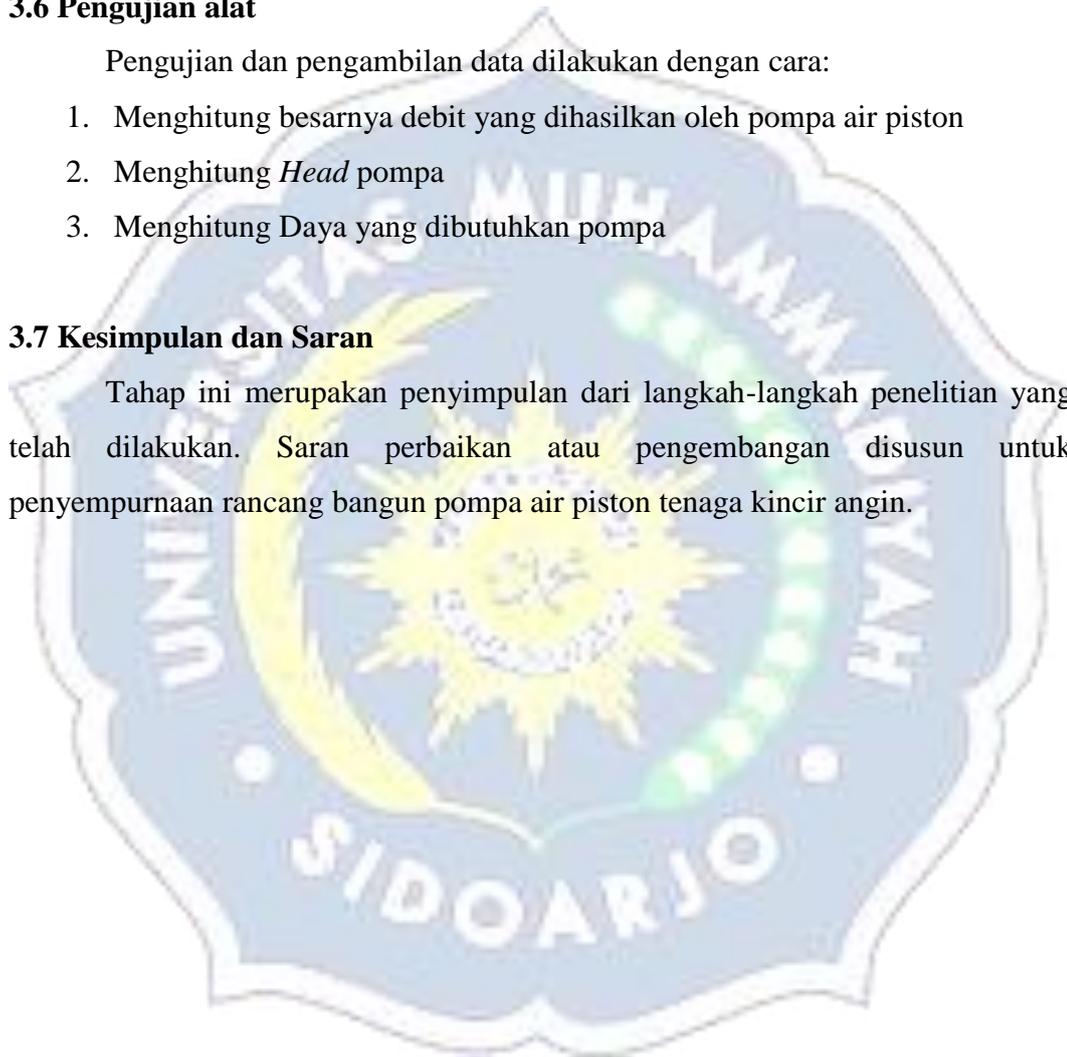
3.6 Pengujian alat

Pengujian dan pengambilan data dilakukan dengan cara:

1. Menghitung besarnya debit yang dihasilkan oleh pompa air piston
2. Menghitung *Head* pompa
3. Menghitung Daya yang dibutuhkan pompa

3.7 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini merupakan penyimpulan dari langkah-langkah penelitian yang telah dilakukan. Saran perbaikan atau pengembangan disusun untuk penyempurnaan rancang bangun pompa air piston tenaga kincir angin.



BAB IV

PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Pengembangan dan Pemilihan Konsep Pompa Air Piston

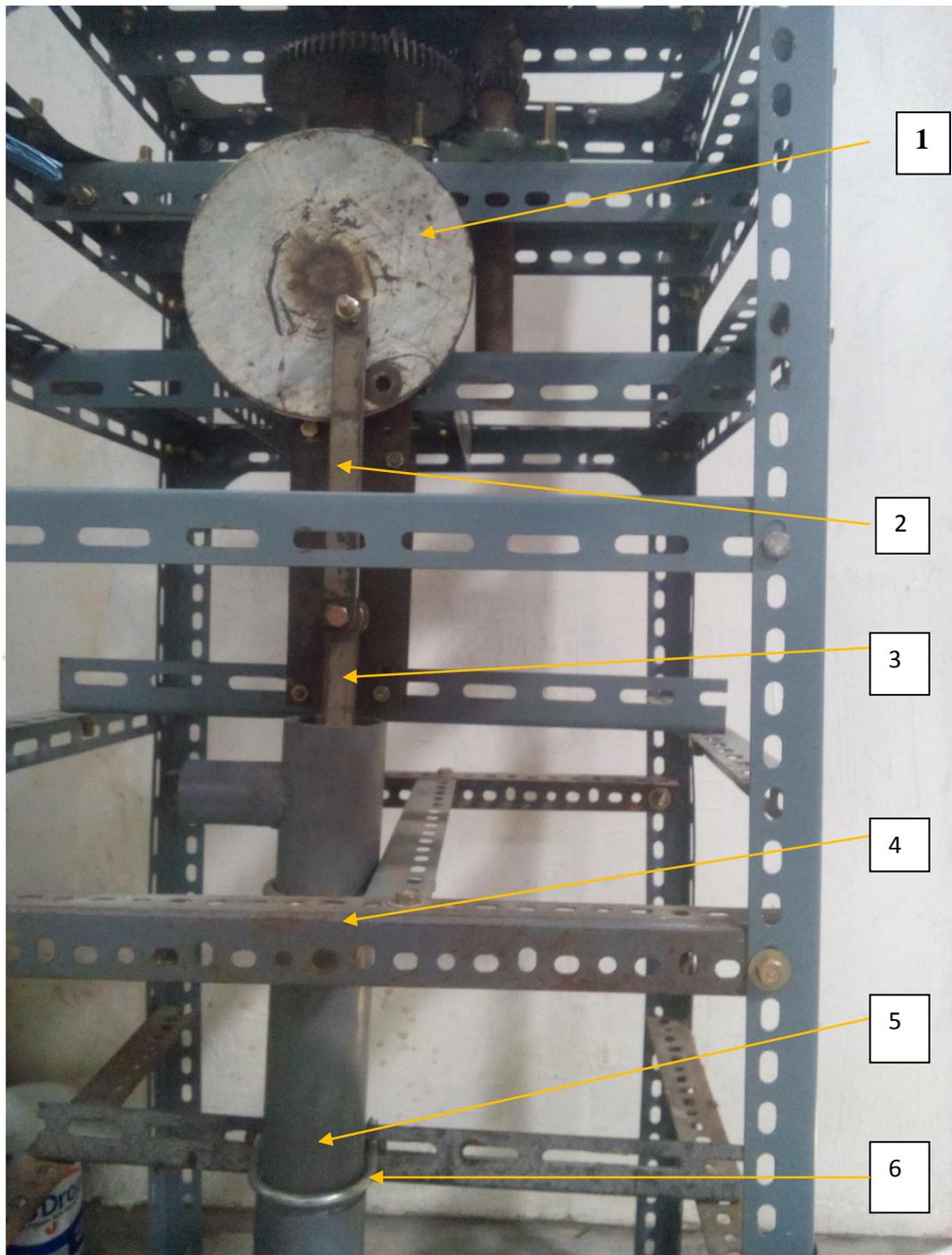
Dalam pengembangan dan pemilihan konsep mesin pompa air piston tenaga kincir angin dibutuhkan inovasi dan kreativitas yang dapat menghasilkan produk yang baik dalam fungsinya, kualitas, maupun performanya. Mesin pompa air piston tenaga kincir angin ini yang dihasilkan diharapkan dapat membantu mengatasi lahan persawahan yang mengalami kekeringan. Mesin pompa air piston tenaga kincir angin ini diharapkan menghasilkan debit secara optimal dengan dua silinder pompa piston.

4.2 Pemilihan konsep pompa air piston

1. Konsep A

Konsep A atau pilihan 1 alat pompa air piston yang di rancang bangun dengan rangka siku besi berukuran 3.5 x 3.5 cm dengan tebal 2 mm dan poros penggerak engkol yaitu bediameter 1 *inchi* dan silinder pompa berukuran berukuran 60 cm.

Desain pompa piston disesuaikan dengan tranmisi untuk penggerak pompa. Untuk mempermudah pemahaman lihat pada gambar 4.1 dan 4.2



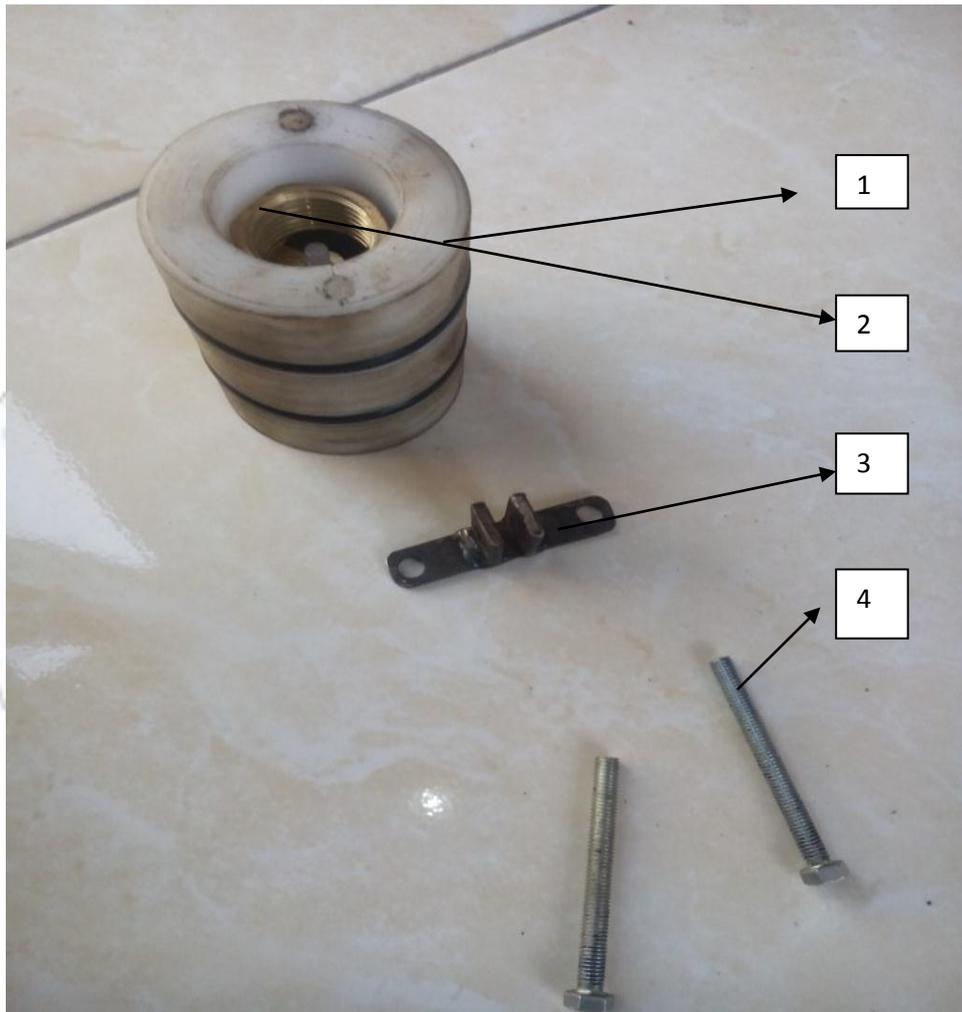
Gambar 4.1 Pompa air dengan *single* piston
Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan :

1. Engkol penggerak pompa
2. Road engkol
3. Pengerak piston

4. Rangka pompa
5. Silider pompa
6. Klaim silinder

Adapun desain piston pompa dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Desain Piston
Sumber : Dokumen Pribadi

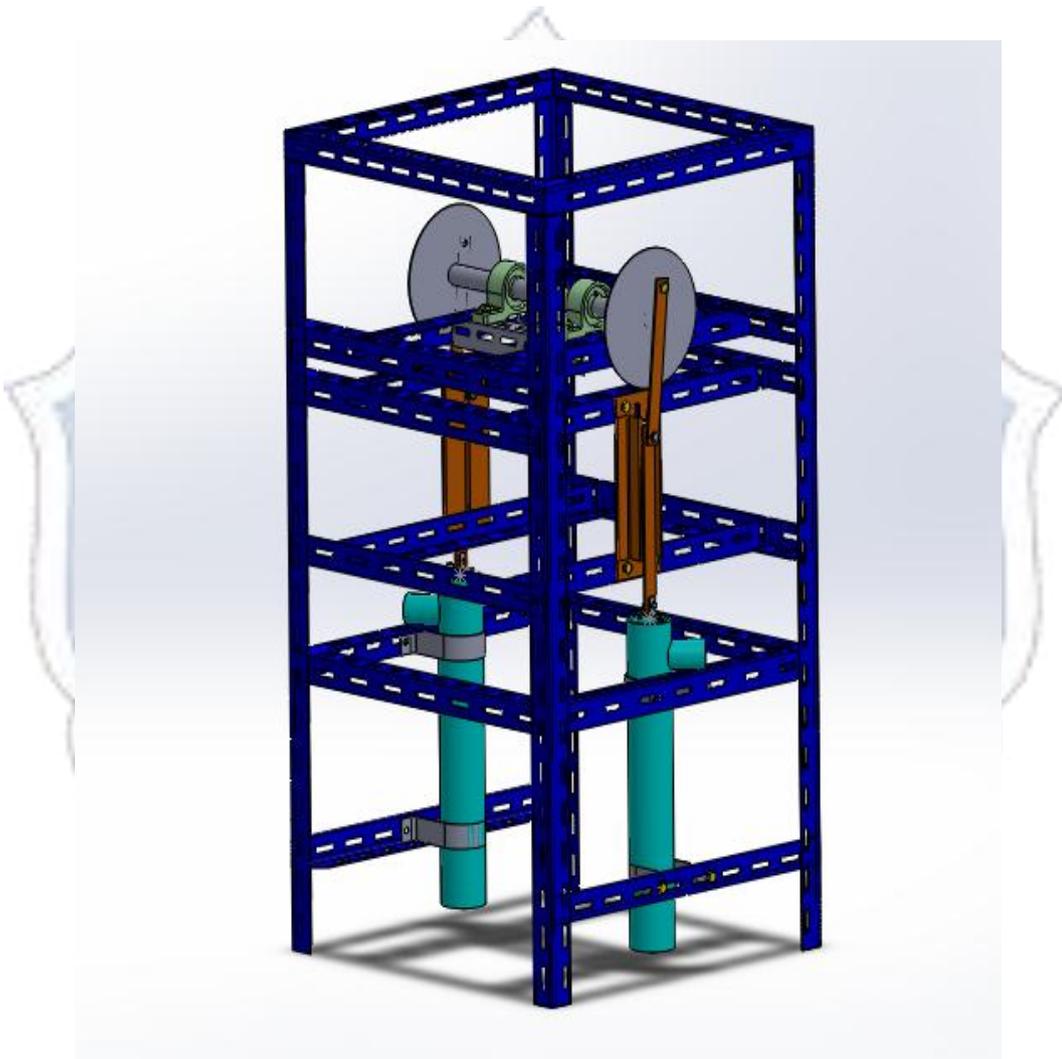
Keterangan gambar:

1. Piston pompa
2. Valve
3. Pangkon road
4. Baut

2. Konsep B

Konsep B atau pilihan yang kedua pompa air piston yang dikembangkan adalah dengan menggunakan dua piston berdiameter 52 mm. Untuk desain disesuaikan dengan penempatan silinder pompa kanan – kiri di bawah system tranmisi. Di tunjukkan pada gambar 4.3 dan 4.4

Gambar 4.3 konsep B pompa air dengan menggunakan 2 silinder tabung piston



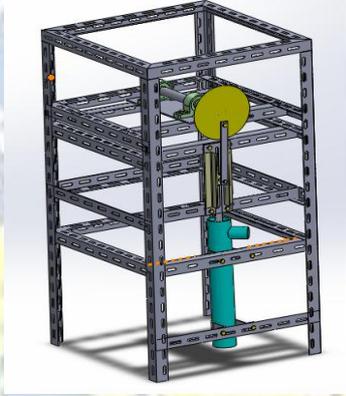
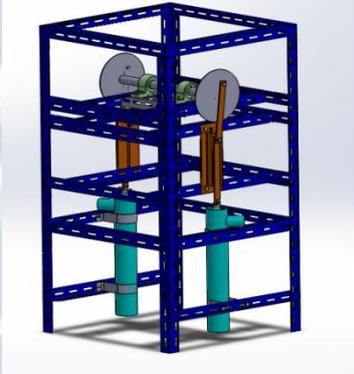
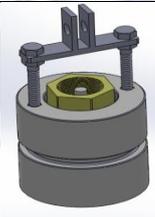
Gambar 4.3 konsep (B) pompa air menggunakan double piston

4.2.1 Pemilihan konsep dengan tabel morfologi

Dari kriteria yang telah ditentukan kedua konsep tersebut akan dibandingkan menurut kemudahan dalam perancangan dan harga material yang digunakan sehingga desain yang paling memenuhi 32 kriteria bisa dilanjutkan

ketahap perancangan. Konsep yang paling memiliki keuntungan yaitu konsep yang akan dipilih untuk dikembangkan. Perbandingan dua konsep dapat dilihat pada tabel 4 .1

Tabel 4.1 Konsep A dan Konsep B

No	Sub bagian Dengan Fungsi	Konsep	
		A	B
1	Rangka pompa	 <p>Rangka menggunakan Besi siku ukuran 3.5 x 3.5 Mm</p>	 <p>Silinder pompa dan piston menggunakan <i>double</i> masing – masing ukurannya sama</p>
2	Piston pompa dan check valve	 <p>Piston pompa menggunakan check valve</p>	

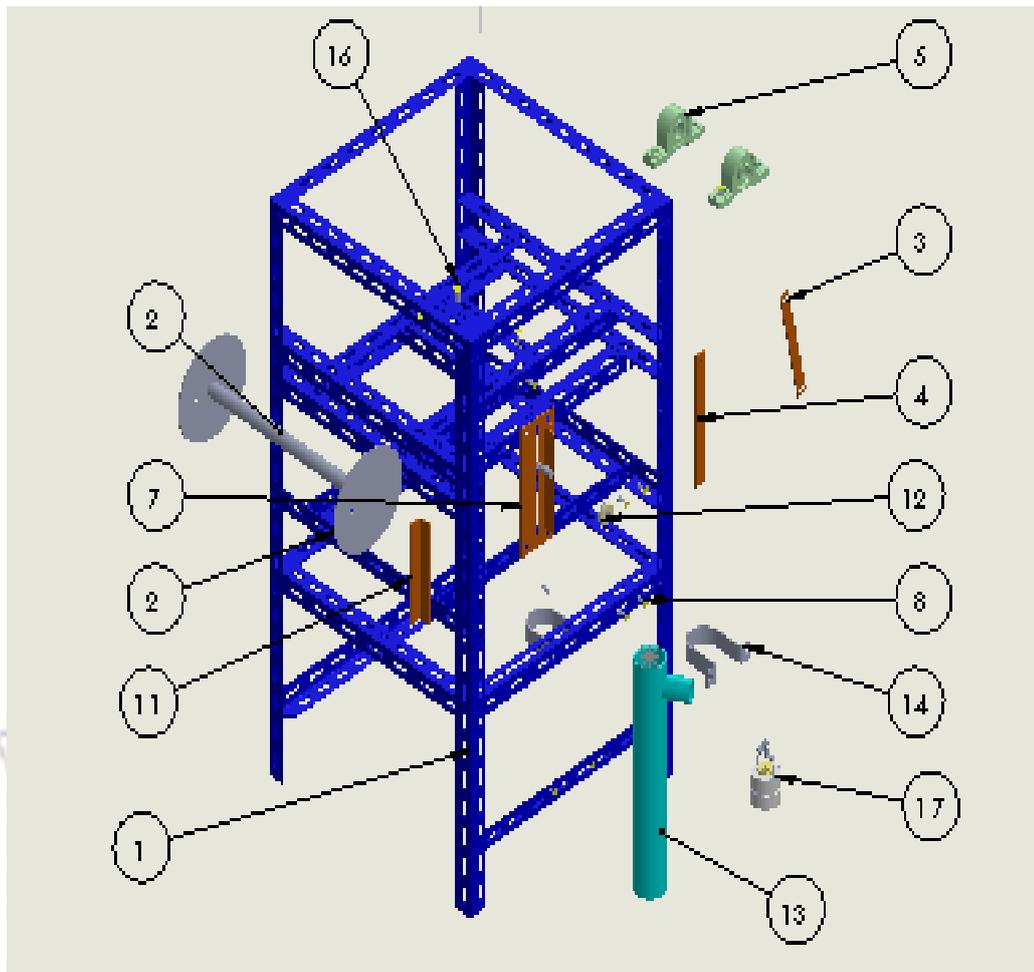
Dari hasil kriteria yang telah dibuat, pemilihan konsep telah dipilih yaitu konsep A dapat memenuhi lebih kriteria dari pada konsep B, sehingga diajukan agar dilakukan perancangan.

Tabel 4.2 Dasar Pemilihan Konsep

No	Opsi	Keterangan	
		A	B
1	Rangka	Harga terjangkau, mudah Di dapat, perakitan mudah	Harga mahal, mudah di dapat, perakitan cukup lama
2	Piston pompa	Mudah dibuat dan cepat pada waktu mengganti ke silinder pompa	Harga mahal, membutuhkan proses sedikit lama dan mudah dibuat
3	Rel batang piston	Mudah dibuat dan cepat dilengkapi dengan <i>bearing</i> sehingga mempermudah pada saat langkah hisap	Rel batang pompa sederhana

4.3 Pembuatan masing – masing komponen

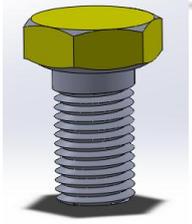
Dari hasil diagram morfologi yang telah dibuat, pengembangan dan pemilihan konsep telah dipilih konsep B maka disusun pembuatan masing – masing komponen tersebut. Seperti pada gambar 4.4 berikut:

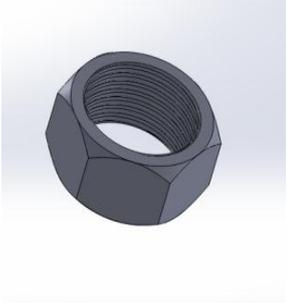
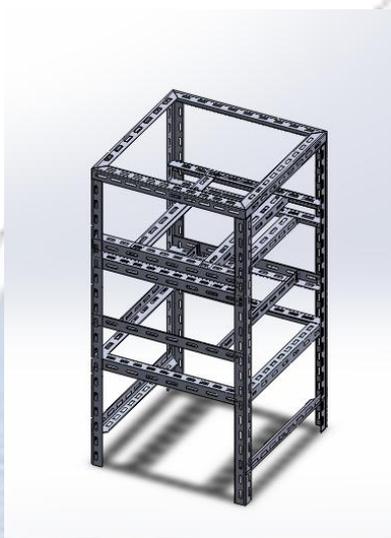


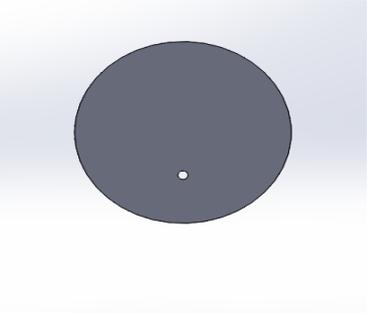
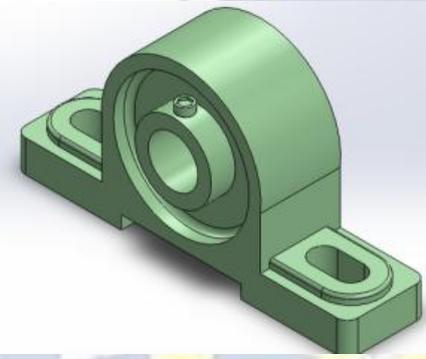
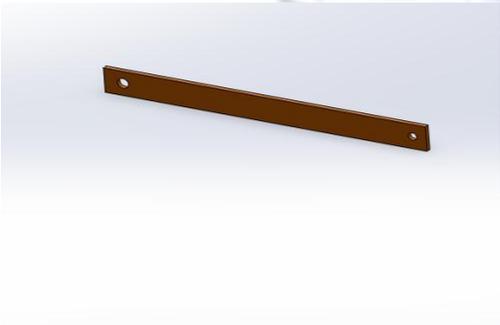
Gambar 4.4 Bagian – bagian komponen pompa air

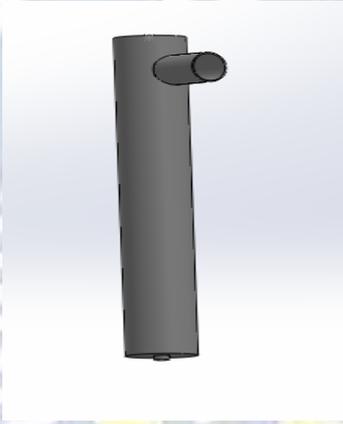
Dibawah ini bagian – bagian komponen mesin pompa air piston yang akan dibuat. Seperti pada tabel 4.3

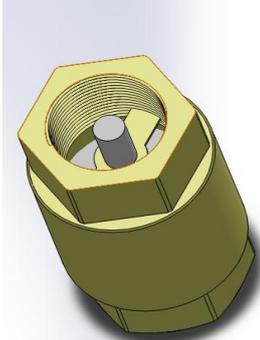
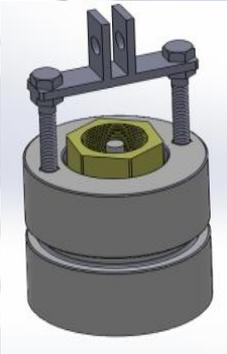
Tabel 4.3 Pembuatan Masing-Masing Komponen

No	Komponen	Ukuran
1	Baut 	Komponen yang digunakan berukuran M8. Mudah di handling menggunakan satu tangan tanpa alat bantu.
2	Mur	Komponen yang digunakan adalah

		<p>dengan ukuran M8. Mudah di handling menggunakan satu tangan</p>
3	<p>Rangka</p> 	<p>Material yang digunakan rangka menggunakan besi siku dengan ukuran Panjang 900mm, lebar 400mm dan diameter 3.5mm. Perakitan rangka siku banyak melibatkan komponen lainnya sebagai fastener yaitu baut dan mur.</p>
4	<p>Poros as penggerak engkol</p> 	<p>Material yang digunakan menggunakan ST 42 dengan panjang 300mm dan diameter 24.5mm. mudah di handling menggunakan atu tangan</p>

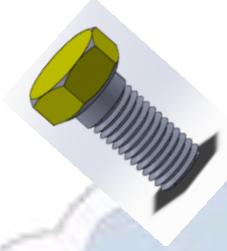
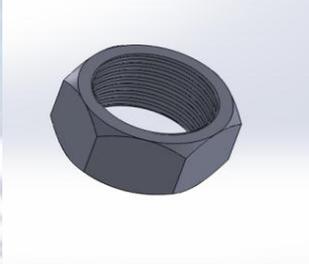
5	<p>Piringan engkol</p> 	<p>Material piringan menggunakan plat besi dengan diameter 170mm. Mudah di handling menggunakan satu tangan .dalam perakitan ini fastener baut dan mur.</p>
6	<p>Pillow</p> 	<p>Komponen menggunakan ukuran diameter poros 24.5mm. memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur</p>
7	<p>Batang penggerak engkol</p> 	<p>Komponen menggunakan plat besi dengan ukuran panjang 80mm, lebar 20mm dan tebal 5mm. Mudah di handling menggunakan satu tangan Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur.</p>
8	<p>Batang penggerak piston</p> 	<p>Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur. Mudah di handling menggunakan satu tangan.</p>

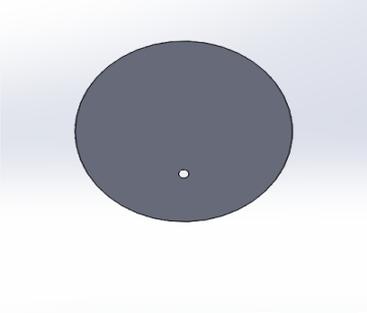
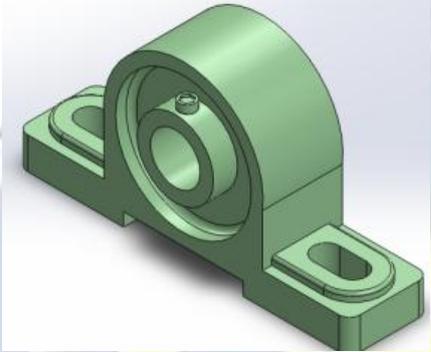
9	<p>Plat rel batang penggerak piston</p> 	<p>Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur. Mudah pemeliharaan tanpa alat bantu lainny.</p>
10	<p>Silinder pompa</p> 	<p>Komponen menggunakan bahan pipa pvc pangan 600 mm, dan tebal 5mm Mudah di handling menggunakan satu tangan. Pengambilan dan pengarahan posisi komponen tidak sulit.</p>
11	<p>Klaim silinder pompa</p> 	<p>Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur. Pengambilan dan pengarahan komponen tidak sulit.</p>

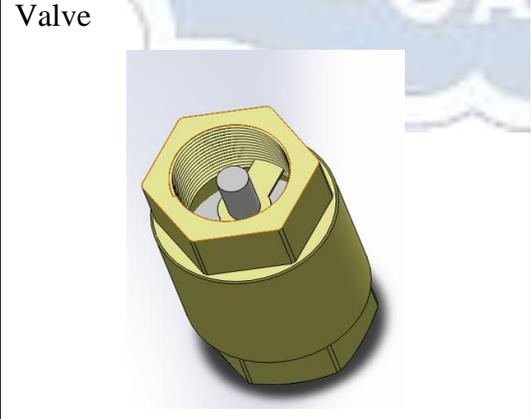
12	<p>Ccheck valve</p> 	<p>Mudah di handling menggunakan satu tangan.</p> <p>Pengambilan dan pengarahannya tidak sulit</p>
13	<p>Silinder piston</p> 	<p>Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mut</p>
14	<p>Bearing</p> 	<p>Mudah di handling mengguakan satu tangan tanpa alat bantu lainnya.</p>

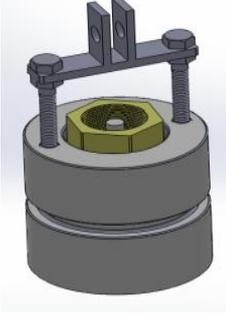
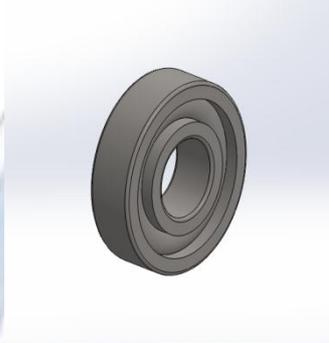
Berikut beberapa komponen dari sub-perakitan alat pompa air piston tenaga kincir angin. Seperti pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Perakitan Komponen Alat Pompa Piston

No	Komponen	Insertion
1	Baut 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Mudah disesuaikan dan memposisikan • Tidak ada tahanan untuk penempatan
2	Mur 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Mudah disesuaikan posisinya
3	Rangka 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Tidak ada tahanan selama penempatan • Mudah disesuaikan dan memposisikan
4	Poros 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Tidak ada tahanan selama proses perakitan • Mudah disesuaikan

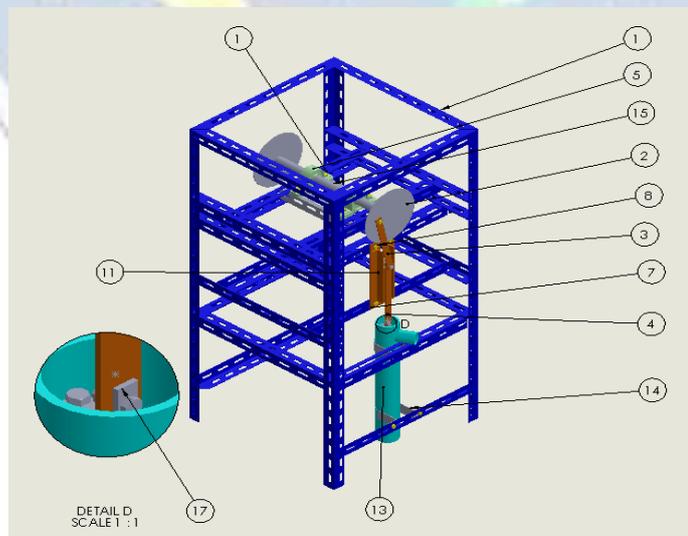
		<p>posisinya</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Mudah disesuaikan selama perakitan • Tidak ada tahanan selama proses perakitan
5	<p>Piringan engkol</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Mudah disesuaikan selama perakitan • Tidak ada tahanan selama proses perakitan
6	<p>Pillow</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Mudah untuk disesuaikan selama perakitan • Komponen tidak terhambat oleh akses yang dibatasi
7	<p>Batang penggerak</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Memerlukan fastener dalam perakitan yaitu baut dan mur
8	<p>Batang penggerak piston</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah mencapai posisi yang diinginkan • Komponen tidak mudah disesuaikan dan memposisikan selama proses perakitan
9	<p>Rel penggerak batang piston</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tidak mudah untuk

		<p>disesuaikan dan memposisikan selama perakitan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Komponen tidak mudah mencapai posisi yang diinginkan
10	<p>Silinder pompa</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen tidak mudah mencapai posisi yang diinginkan • Tidak mudah disesuaikan dan memposisikan selama perakitan • Memerlukan tahanan selama perakitan
11	<p>Klaim silinder</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen tidak mudah disesuaikan dan memposisikan • Memerlukan fastener selama perakitan yaitu baut dan mur
12	<p>Valve</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Mudah untuk disesuaikan selama perakitan • Tidak ada hambatan dan tahanan saat memasukkan
13	<p>Silinder piston</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah

		<p>disesuaikan selama perakitan</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memerlukan fastener selama perakitan yaitu baut dan mur • Tidak ada tahanan selama perakitan
14	<p>Bearing</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Komponen mudah disesuaikan selama perakitan • Mudah disesuaikan selama perakitan

4.4 Perancangan Komponen

Adapun langkah – langkah untuk pemasangan komponen rancang bangun pompa air piston tenaga kincir angin. Untuk mempermudah pemahaman model pembuatan alat dapat dilihat pada gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Desain Konsep Terpilih

Keterangan :

1. Rangka pompa
2. Pillow
3. Piringan engkol
4. Batang penggerak
5. Rel penggerak
6. Batang penggerak piston
7. Plat rel pengapit bearing
8. Silinder pompa
9. Klaim silinder
10. Piston pompa

4.5 Proses Pembuatan



Gambar 4.6 Pembuatan rangka transmisi dan pompa

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses perakitan merupakan proses penggabungan komponen-komponen pada pompa piston menjadi satu, sehingga menjadi alat yang digunakan sesuai

tujuannya. Adapun langkah-langkah apa saja yang dibutuhkan, serta komponen yang akan dirakit dan menyiapkan alat bantu untuk proses perakitan.

4.5.1 Alat Bantu Yang Digunakan

Peralatan yang harus dipersiapkan dalam merakit komponen pompa piston kincir angin sebagai berikut:

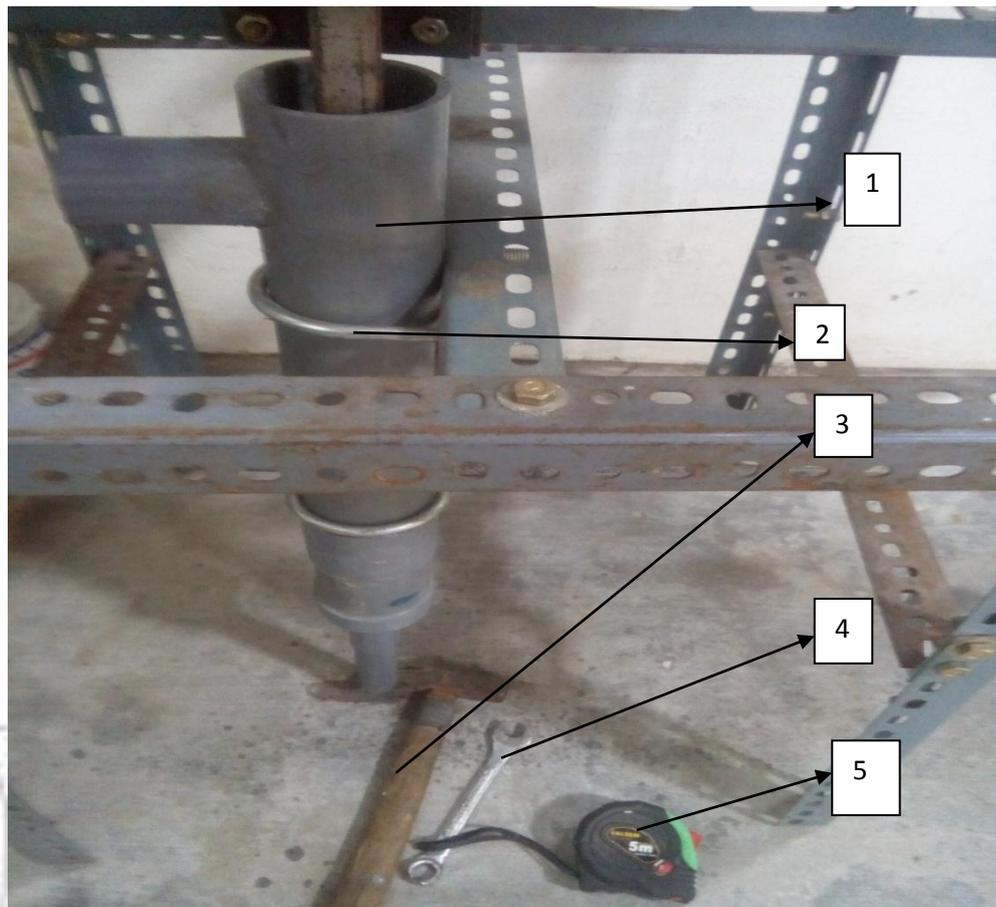
1. Kunci ring 12
2. Kunci ring 10
3. Waterpass
4. Palu
5. Alat ukur meteran

4.5.2 Perakitan

Langkah perakitan yang tepat akan mempermudah dan mempercepat proses perakitan. Adapun langkah-langkah perakitan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan peralatan dan komponen yang akan dirakit
2. Memasang pillow untuk poros pompa
3. Memasang engkol pompa
4. Memasang rod penggerak engkol
5. Memasang batang penggerak piston
6. Memasang bantalan untuk penggerak batang pompa
7. Memasang piston pompa
8. Memasang silinder pompa
9. Memasang klaim pompa atas dan bawah

Adapun peralatan dan alat yang digunakan adalah seperti berikut :



Gambar 4.7 Komponen dan alat bantu

Sumber : Dokumen Pribadi

Keterangan gambar:

1. Silinder pompa
2. Klaim pompa
3. *Hammer*
4. Kunci ring
5. Alat ukur meteran

4.6 Uji Unjuk Kerja Pompa air

Setelah pembuatan komponen dan perakitan alat sudah dilakukan maka langkah selanjutnya dalam penelitian ini adalah dengan melakukan pengujian alat, adapun langkah-langkah yang akan dilakukan untuk melakukan pengujian permorfance pompa air piston tenaga kincir angin adalah sebagai berikut :

4.7 Prosedur Pengujian

Pengujian pompa piston ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja sebenarnya dari hasil rancangan. Pada pengujian ini akan dihitung besarnya efisiensi volume dan efisiensi total dari pompa rancangan. Pengujian dilakukan dengan berbeda-beda ketinggian dan untuk mekanisme penggerak pengoperasiannya menggunakan dynamo 2,5 ampere dengan putaran konstan.

Prosedur pengujian:

1. Menjalankan pompa dengan cara menekan pedal dynamo ditekan kebawah dengan kaki. Dengan waktu per detik
2. Mengukur kapasitas debit air yang dihasilkan pompa untuk waktu per detik dengan berbeda head mulai dari 40 – 60 cm.
3. Menghitung efisiensi volume pompa piston
4. Menghitung daya pompa yang dibutuhkan

4.8 Debit dan Kecepatan Aliran

Untuk menghitung jumlah air yang dapat dibangkitkan antara daya dengan daya pompa dapat dihitung sebagai berikut:

Untuk perhitungan ini telah diketahui data sebagai berikut:

Diketahui :

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Luas penampang } (A) = 0,0254 \text{ m}$$

$$\text{Diameter pipa } (d) = 0,0254 \text{ m}$$

$$\text{Volume air } (V) = 0,0030 \text{ m}^3 = 3 \text{ liter air}$$

$$Q = \rho \cdot A \cdot V \quad \text{persamaan (2.1)}$$

$$\text{Dengan mencari } A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14}{4} \times 2,54^2 = 5,06 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka } Q = \rho \cdot \frac{V}{60} = 1.000 \frac{0,0030}{60} = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan mengetahui nilai Q kemudian mengukur kecepatan aliran fluida. Untuk perhitungan ini telah diketahui data sebagai berikut:

$$\text{Didapat } V = \frac{Q}{A} = \frac{0,003}{0,05} = 0,06 \text{ m/detik}$$

4.9 Head Kerugian

Head kerugian adalah untuk mengatasi kerugian-kerugian yang terdiri dari oleh kerugian gesek di dalam pipa – pipa, belokan dan katup.

Head kerugian berhubungan dengan gesekan pada pipa ditentukan dengan menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach*.

4.9.1 Head Kerugian Gesek Pada Pipa Isap

Utuk menghitung kerugian gesek dalam pipa dapat menggunakan dengan rumus:

$$f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \text{persamaan (2.2)}$$

diketahui :

koefisien gesek (f) : 0,02

panjang pipa (L) : 0,40 m

diameter pipa (d) : 0,58 m

kecepatan aliran (v) : 0,06 m/s

percepatan gravitasi : 9.8 m/s²

sebagai acuan apakah suatu tersebut laminar atau turbulen, dipakai bilangan reynold (Re)

kecepatan aliran actual didalam pipa (v) = 0,06 m/s

viskositas kinematik zat cair (ν_k) = 0,801 x 10⁻⁶ m²/s

jadi head kerugian gesek dalam pipa hisap dapat dihitung sebagai berikut:

$$f = 0,02 \frac{0,40}{0,58} \cdot \frac{0,06^2}{2 \cdot 9,8} = 0,02 \frac{0,0014}{1,13} = 0,0028 \text{ m}$$

4.9.2 Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

Untuk menghitung head kerugian gesek pada pipa tekan dapat menggunakan rumus:

$$f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = \text{persamaan (2.3)}$$

diketahui :

koefisien gesek (f) : 0,02

panjang pipa (L) : $0,40 + 0,06 = 0,46$ m

diameter pipa (d) : 0,58 m

kecepatan aliran (v) : 0,06 m/s

percepatan gravitasi : 9.8 m/s^2

$$f = 0,02 \frac{0,46}{0,58} \cdot \frac{0,06^2}{2 \cdot 9,8} = 0,02 \frac{0,0032}{2 \cdot 9,8} = 0,0031 \text{ m}$$

4.9.3 Koefisien Kerugian Pada Belokan Pipa

Untuk menghitung kerugian pada belokan pipa dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$K_{\text{elbow}} = K \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad \text{persamaan (2.4)}$$

Diketahui :

Koefisien Elbow : 0,03

Kecepatan aliran (V) : 0,06 m/s

Percepatan gravitasi (g) : 9.8 m/s^2

Jadi head kerugian gesek pada pipa belokan adalah:

$$K_{\text{elbow}} = 0,03 \frac{0,06^2}{2 \cdot 9,8} = \frac{0,0108}{19,6} = 0,0005 \text{ m}$$

4.9.4 Head Kerugian Total

Dari data perhitungan diatas maka didapat *head* kerugian total sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Head kerugian total } (h_{\text{tot}}) &= h_{fs} + h_{fd} + K_{\text{elb}} \\ &= 0,0028 + 0,0031 + 0,0005 \\ &= 0,0064 \text{ m} \end{aligned}$$

4.9.5 Head Pompa

Untuk menghitung *Head* total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air dalam instalasi dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H = H_S + H_{\text{losses}} + H\Delta_p + \frac{v^2}{2.g} \quad \text{persamaan (2.2)}$$

Diketahui data untuk perhitungan *head* pompa adalah sebagai berikut:

Head Statis (H_s)	: 0,4 m
Head Losses (H_{losses})	: 0,0064 m
Tekanan pada pipa isap dan tekan (Δ_p)	: 0
Kecepatan aliran (v)	: 0,06 m/s

Jadi Head total pompa (H) adalah:

$$\begin{aligned} H_s &= 0,0064 + 0 + \frac{0,06^2}{2.9,8} \\ &= 0,4 + 0,0064 + 0 + 0,0176 \\ &= 0,424 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas untuk mengalirkan air yang disediakan head statis yaitu 0,424 m

4.10 Daya Pompa

Untuk perhitungan daya pompa dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya} = \frac{Q \cdot 1000 \cdot H}{\eta_{\text{pump}}} \quad \text{persamaan (2.7)}$$

Diketaui :

Debit	: 0,05 m/s
Massa jenis air	: 1000 kg
Ketinggian Head	: 0,424 m
Daya motor	: 150 watt

Jadi daya pompa piston dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= \frac{1000 \cdot 0,05 \cdot 0,424}{150} \\ &= 0,141 \text{ KW} \\ &= 141 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.11 Daya yang dibutuhkan pompa

Daya yang dibutuhkan pompa (p) adalah daya actual yang diberikan oleh suatu penggerak pada pompa. Karena tingkat efisiensi pompa piston cukup tinggi jika dibandingkan dengan pompa sentrifugal, rata-rata tingkat efisiensinya (η)

mencapai 90%. Sehingga bisa dihitung berapa daya (p) minimum yang harus dihasilkan oleh tranmisi untuk menggerakkan pompa tersebut.

$$P = \frac{P_{pump}}{\eta} \quad \text{persamaan (2.7)}$$

Diketahui:

P_{pump} : 141 watt

η : 90 %

$$P = \frac{141}{0,9} = 156,66 \text{ Watt}$$

Maka dengan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan oleh tranmisi kincir angin (156,66 w) untuk menggerakkan pompa masih lebih besar dari daya yang diperlukan pompa.

4.12 Effisiensi Pompa

Untuk menghitung effisiensi pompa antara daya pompa dengan poros dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{P_h}{P_s} \times 100\% \quad \text{persamaan (2.11)}$$

diketahui:

η_p = effisiensi pompa (%)

P_h = Daya Hidrolis pompa (kW)

P_i = Daya motor (kW)

Jadi effisiensi pompa dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta_p = \frac{141}{156,66} \cdot 100\% = 90 \%$$

4.13 Data Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian pompa piston tenaga kincir angin. Didapatkan data-data hasil ditunjukkan pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengujian head 40 cm

No	Head	Waktu/s	Q (liter/s)
1	40 cm	60 detik	3 liter
2	40 cm	60 detik	3,1 liter
3	40 cm	60 detik	3,1 liter
4	40 cm	60 detik	3,1 liter
5	40 cm	60 detik	3,2 liter
6	Rata – rata		3,1 liter

Dari hasil Tabel 4.5 berdasarkan hasil pengujian alat dapat berfungsi dengan baik. menunjukkan bahwa pompa mampu menghasilkan debit tertinggi yaitu 3,2 liter m/s. dengan ketinggian *head* 40 cm. Dimensi pompa ini di desain sesuai dengan kebutuhan sehingga debit yang dihasilkan kurang optimal. Namun hasil pengujian tersebut dapat dijadikan referensi untuk menghitung dimensi pompa sesuai dengan kecepatan angin di persawahan desa lebo.

Dari hasil pengujian tersebut ketinggian head 40 cm pompa piston mampu mendapatkan debit rata-rata sebesar 3,1 liter m/s.

Tabel 4.6 Hasil pengujian *head* 50 cm

No	Head	Waktu/s	Q (liter/s)
1	50 cm	60 detik	2,9 liter
2	50 cm	60 detik	2,9 liter
3	50 cm	60 detik	3 liter
4	50 cm	60 detik	2,8 liter
5	50 cm	60 detik	2,8 liter
6	Rata –rata		2,88 liter

Berdasarkan hasil pengujian tabel 4.6 berdasarkan hasil pengujian dengan ketinggian head 50 cm bahwa pompa mampu menghasilkan debit air tertinggi yaitu 3 liter m/s.

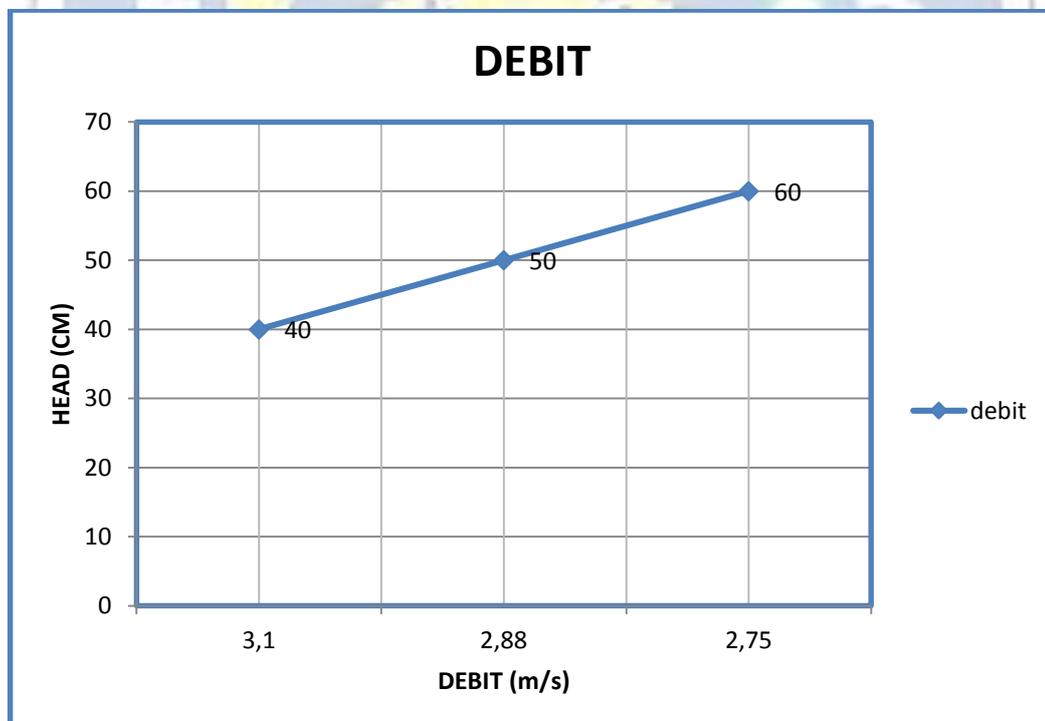
Dari hasil pengujian tersebut pompa piston dengan head semakin tinggi maka debit air yang dihasilkan menurun. Nilai debit air rata-rata dengan head 50 cm dapat 2,88 liter m/s.

Table 4.7 Hasil pengujian *head* 60 cm

No	Head	Waktu/s	Q (liter/s)
1	60 cm	1 menit	2,7 liter
2	60 cm	1 menit	2,7 liter
3	60 cm	1 menit	2,7 liter
4	60 cm	1 menit	2,75 liter
5	60 cm	1 menit	2,7 liter
6	Rata –rata	1 detik	2,71 liter

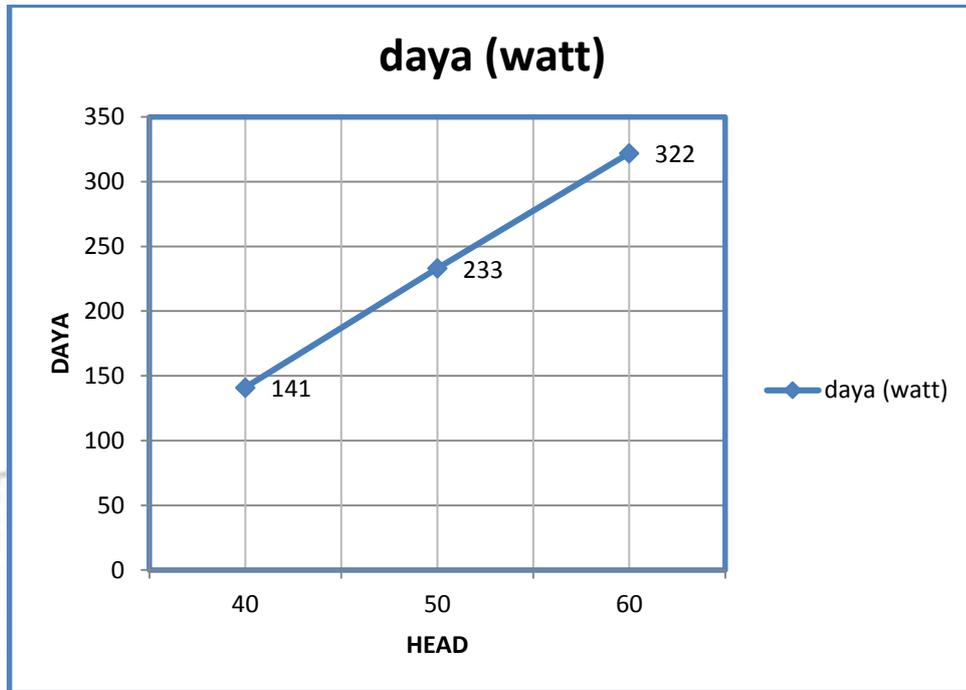
Dari hasil tabel 4.7 berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa pompa menghasilkan debit tertinggi 2.75 liter m/s dengan ketinggian 60 cm. Hasil pengujian tersebut dengan *head* 60 cm pompa piston mendapatkan debit rata-rata sebesar 2.71 liter m/s.

Berdasarkan data pada tabel 4.1, 4.2 dan 4.3 yang diperoleh, kemudian dituangkan dalam grafik untuk memudahkan proses pembahasan yang dilakukan. Adapun grafik hasil debit air dengan berbeda ketinggian head sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik debit air yang dihasilkan pompa

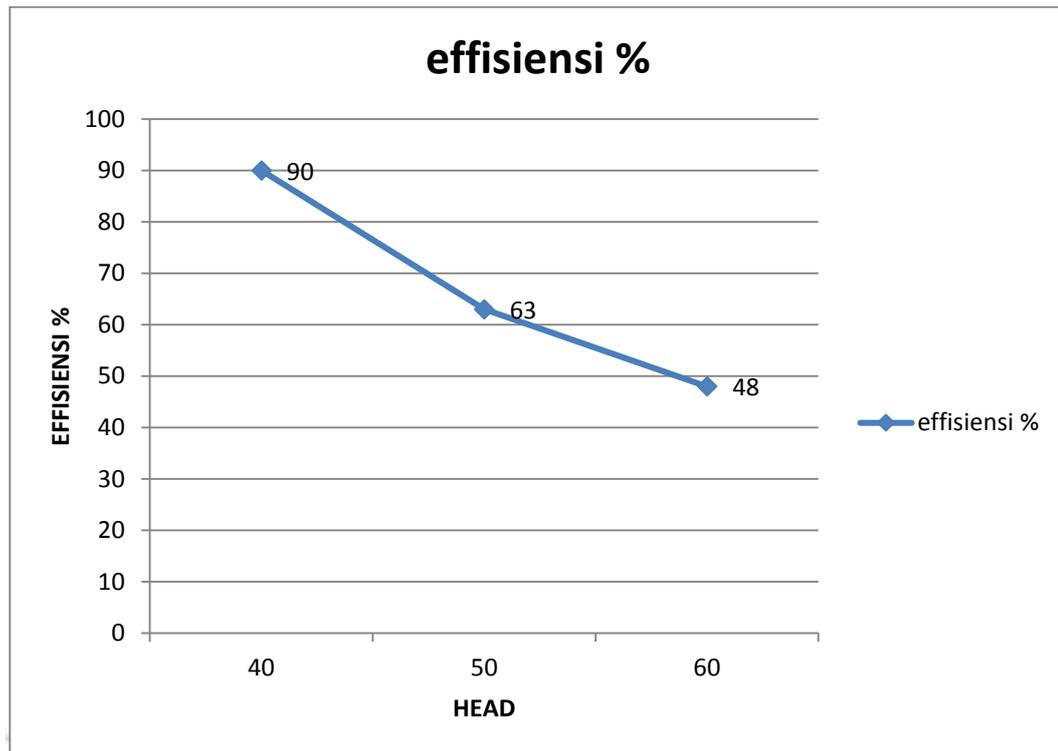
Pada grafik diatas tersebut antara head dan debit air menunjukkan bahwa pompa piston dengan semakin tingginya head yang di hisap oleh pompa maka kapasitas debit yang dihasilkan menurun sedikit. Untuk mengetahui daya pompa dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 4.9 Grafik pengujian daya pompa berdasarkan perhitungan

Pada grafik 4. Terlihat bahwa daya yang dibutuhkan pompa dengan semakin tingginya head 60 cm yaitu 161 watt. Dan daya terendah dengan ketinggian head 40 cm mendapat daya 141 watt.

Dari hasil pengujian untuk mengukur nilai efisiensi pompa ditunjukkan seperti pada gambar grafik 4.10 seperti berikut:



Gambar 4.10 Grafik efisiensi pompa

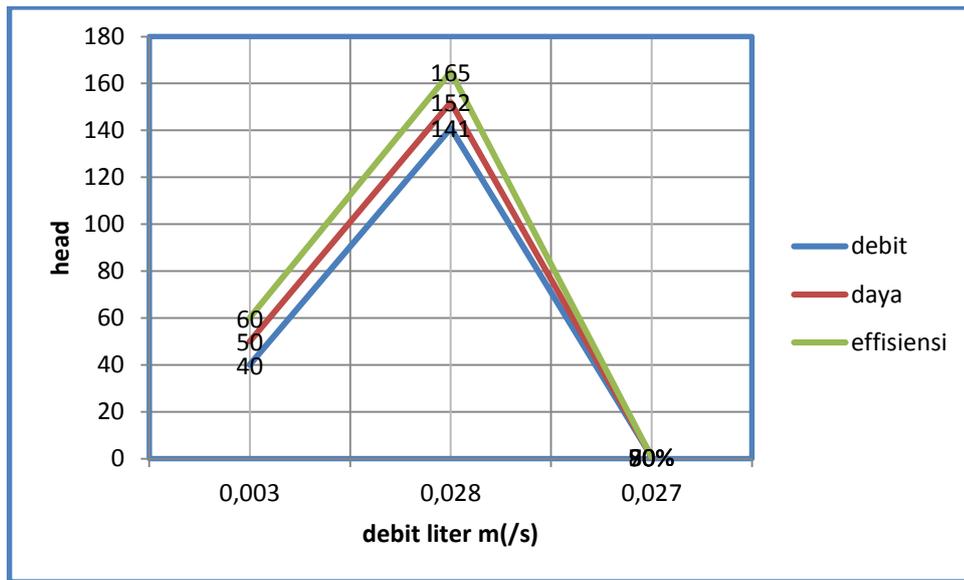
Dari hasil grafik 4. Menunjukkan bahwa efisiensi pompa tergantung pada head dimana efisiensi pompa tertinggi mencapai 90% dengan ketinggian head 40 cm.

4.13 Evaluasi

Tabel 4.8 Hasil data gabungan pengujian pada pompa

Pengujian	Head	Debit	Daya	Effisiensi
1	40 cm	3,1 liter	141 watt	90 %
2	50 cm	2,8 liter	233 watt	63 %
3	60 cm	2,75 liter	165 watt	47 %

Dari hasil tabel 4.8 Maka diketahui bahwa dengan *head* 60 cm pompa mendapatkan efisiensi 70% dan daya sebesar 165 watt dengan hasil output debit 2,75 liter m/s. Ditunjukkan pada gambar grafik gabungan data rata-rata hasil pengujian seperti gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Grafik gabungan debit, daya dan efisiensi

Pada gambar 4.9 menunjukkan efisiensi pompa tertinggi adalah 90% yaitu dengan *head* 40 cm menghasilkan debit rata-rata 3,1 liter m/s dengan daya pompa 141 watt. Jadi hasil dari pengujian gabungan grafik diatas menunjukkan bahwa dengan semakin rendah *head* pompa maka efisiensi pompa tinggi dan daya yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Dan semakin dalam *head* pompa maka kapasitas debit semakin menurun yaitu 2,75 liter m/s dengan *head* 60 cm daya yang dibutuhkan semakin besar adalah 165 watt.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil rancang bangun pompa yang telah dibuat dapat kita ambil beberapa kesimpulan tentang pompa air piston tenaga kincir angin ini

1. Debit air (Q) yang dihasilkan oleh pompa dengan ketinggian 40 cm adalah 3,1 liter m/s
2. Daya pompa (D_p) yang dihasilkan pompa dengan ketinggian head 40 cm dan penggerakannya dari motor listrik dengan daya 150 watt jadi daya pompa adalah 141 watt
3. *Head* total (H) dengan memperhitungkan beberapa head kerugian-kerugian yang ada hasil perhitungan adalah 0.424 m yaitu 42,4 cm

5.2 Saran

Rancang bangun pompa air piston tenaga kincir angin ini untuk perbaikan dan pengembangan selanjutnya yaitu:

1. Untuk mendapatkan debit air yang lebih besar maka sebaiknya head pompa dinaikkan sedikit untuk mendapat debit yang lebih maksimal.
2. Piston pompa perlu diberi o-ring agar piston berjalan dengan maksimal dan kemudian harus presisi dengan silinder pompa.
3. Untuk rel road pompa sebaiknya diperbaiki agar saat road naik turun tidak terjadi gesekan yang lebih berat.

Demikian kesimpulan dan saran penulis semoga tugas akhir ini bermanfaat khususnya bagi penulis secara pribadi dan bagi pembaca pada umumnya. Tugas akhir ini tentunya masih banyak kekurangan-kekurangan yang harus diperbaiki. Penulis tentunya membuka untuk saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan yang masa akan datang. Akhirnya terimah kasih penulis ucapkan bagi semua pihak yang telah terlibat dan membantu sehingga terselesainya tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah H.2007. *Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*.Wikipedia press.
http://www.id.wikipedia.org/wiki/Turbin_angin
- E.H.Lysen, *Introduction to Wind Energy*, (Netherlands, second Edition, May 1983).
- Kasmuri, 2009. “*Analisa Pompa Piston Pada Kincir Angin MB 12-7* ”. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- Mohammad Guntur. 2009. “*Perancangan dan Pembuatan Pompa Piston Gerak Translasi Yang Diaplikasikan Pada Kincir Angin Poros Horizontal MB 12-7*”. Jakarta: Universitas Mercu Buana.
- Pudjanarsa, Astu. ‘*Diktat Mesin Konversi Energi*’, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya, 2003
- Reinyelda. D. Latuheru, Tagor Simanjuntak,2013, *Perancangan Kincir Angin Sebagai Penggerak Pompa Air*, Jurnal Ilmiah Mustek Anim Ha Vol.2 No. 2, Agustus 2013, Sulawesi
- Sularso, Haruo Tahara. ‘*Pompa & Kompresor*’, Jakarta: Pradnya Tahara, 2000.

Lampiran 1. Gambar Kegiatan



Proses Penyetelan Rangka



Proses Pemasangan Turbin



Proses Pembuatan Frame Turbin



Rangka Transmisi



Proses Trial Turbin



Proses Pemasangan Batu Tumpuan



Pengukuran Kecepatan Angin



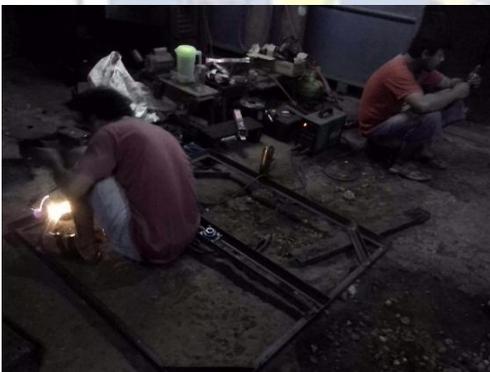
Proses Pengelasan Tumpuan



Pengambilan Data Dilapangan



Proses Pengecatan Turbin



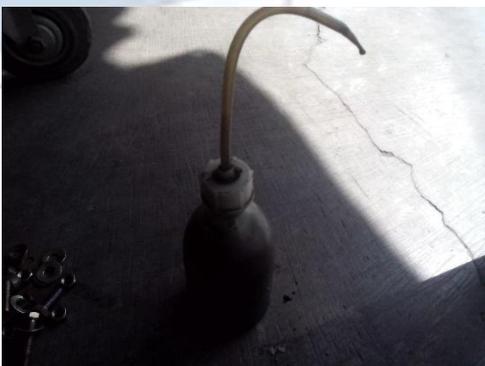
Proses Pengelasan Rangka



Proses Uji Performen



Peletakan Batu Pertama



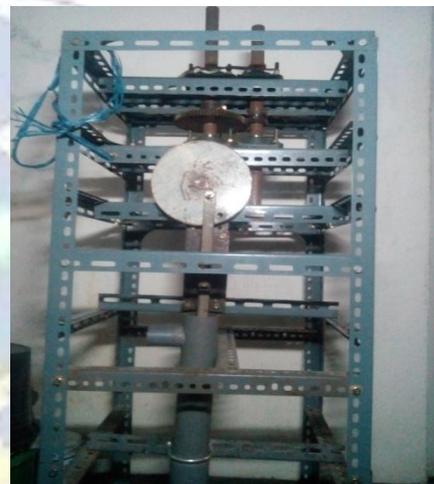
Miyak Pelumas



Proses Pengecatan



Valve Pompa Piston



Assembly Pompa Piston



Proses Assembly Transmisi