

HALAMAN PERSETUJUAN

Telah disetujui Laporan Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Diploma III
Teknik Mesin yang disusun oleh:

Nama : Afif Iskayana Zainullah

Nim : 21050115060016

Judul TA : Rancang Bangun dan Pengukuran Debit Pompa Hidram
pada Ketinggian Pipa Penyalur 4,25 meter

Disetujui pada tanggal :

Semarang, Agustus 2018

Dosen Pembimbing

Ir. H. Murni, MT

NIP. 19590829 198703 1 009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Afif Iskayana Zainullah

NIM : 21050115060016

Tanda tangan :

Tanggal :

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afif Iskayana Zainullah
NIM : 21050115060016
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “Rancang Bangun dan Pengukuran Debit Pompa Hidram pada Ketinggian Pipa Penyalur 4,25 meter” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya

Dibuat di : Semarang

Pada tanggal : Agustus 2018

Yang menyatakan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan sukacita-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan Tugas Akhir beserta laporannya. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berjasa dalam pembuatan tugas akhir di lapangan maupun dalam penulisan laporan, antara lain:

1. Kedua orang tua atas support yang selalu diberikan selama ini.
2. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M.Si selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
3. Drs. Ireng Sigit Atmanto, M.Kes selaku Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Ir. H. Murni, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Drs. Sutrisno, MT selaku Dosen Wali Kelas A Angkatan 2015.
6. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar di DIII Teknik Mesin, UNDIP.
7. Teman - teman seperjuangan (Afif,Vicki,Firas) yang telah membantu saya selama proses pembuatan tugas akhir.
8. Teman - teman DIII Teknik Mesin Universitas Diponegoro angkatan 2015.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya.

Penulis menyadari masih banyak yang dapat dikembangkan pada laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis menerima setiap masukan dan kritik yang diberikan. Semoga Laporan ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis sendiri dan semua pihak khususnya bagi pembaca maupun penulis

Semarang, Juli 2018

Penulis,

Afif Iskayana Z.

ABSTRAKSI

Pompa hidram merupakan salah satu jenis yang tidak memerlukan energi listrik karena memanfaatkan tekanan udara dan tekanan air itu sendiri sebagai tenaga penggerakannya. Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah untuk menerapkan IPTEK dalam menangani masalah kelangkaan air dan mengetahui mekanisme kerja pompa hidram beserta komponen pendukungnya agar penggunaan energi listrik dan sumber daya alam dapat dikurangi. Metodologi yang digunakan yaitu perancangan pompa hidram, pemilihan alat dan bahan, pembuatan pompa hidram, pengujian dan pengambilan data. Berdasarkan hasil analisis data didapatkan nilai debit rata-rata pompa hidram pada tinggi permukaan air keluar 3,16 meter dengan tinggi pipa penyalur 4,25 meter dengan efisiensi tertinggi yang terdapat pada bandul 1 sebesar 10 liter/menit dengan efisiensi 14,136 %;. Semakin tinggi permukaan air keluar, debit air yang dihasilkan pompa hidram semakin kecil dan semakin rendah permukaan air keluar, debit air yang dihasilkan pompa hidram semakin besar. Efisiensi pompa hidram selalu berbanding lurus dengan debit yang dihasilkan.

Kata kunci: Pompa hidram, pompa hidraulik, pompa air tanpa listrik

ABSTRACT

Hidram pump is one type of pump that does not require electricity because it uses air pressure and water pressure itself as a propulsion. The purpose of the preparation of this final project is to apply science and technology in handling water scarcity issues and determine the working mechanism of hydram pump with its supporting components. The methodology used is hydram pump design, selection of equipment and materials, hydram pump manufacture, testing and data collection. Based on the data analysis obtained value of average discharge of hydram pump at output 3,16 meters with the height of driver pipe 4,25 meters at 1st pendulum is 10 liters/minute with an efficiency of 14,136 %. The higher of the output, the produced water discharge of hydram pump getting smaller and the lower output, the produced water discharge of hydram pump getting greater. Hydram pump efficiency is directly proportional to the resulting discharge.

Keywords: hydram pump, hydraulic pump, water pump without electricity

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
KATA PENGANTAR	v
<i>ABSTRAKSI</i>	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	iv
BAB I.....	5
PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang	5
1.2. Perumusan	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Penulisan Laporan	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Pompa Hidram.....	5
2.2 Prinsip Kerja Pompa Hidram.....	7
2.2.1 Kurva Karakteristik Pompa Hidram	13
2.3 Komponen Pompa Hidram.....	13
2.3.1 Klep Buang	14
2.3.2 Klep Tekan.....	14
2.3.3 Tabung Udara.....	15
2.3.4 Katup Udara	15
2.3.5 Pipa Masuk/Penghantar.....	16

2.3.6	Pipa Keluar/Penyalur	17
2.3.7	Sumber Air	18
2.3.8	Tandon Air	18
2.4	Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram	18
2.5	Efisiensi Pompa Hidram.....	20
BAB III		23
PROSEDUR PEMBUATAN ALAT		23
3.1	Perancangan Alat.....	23
3.2	Pemilihan Alat dan Bahan.....	24
3.2.1	Alat	25
3.2.2	Bahan.....	27
3.3	Pembuatan Alat	33
3.3.1	Persiapan	33
3.3.2	Pengerjaan	35
3.3.3	Pemasangan.....	38
3.3.4	Pengecekan.....	39
3.4	Pengujian Alat	40
BAB IV		42
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42
4.1	Pendahuluan	42
4.2	Pengambilan Data	43
4.3	Hasil Percobaan.....	45
4.3.1	Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter ...	45
4.3.2	Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter	46
4.3.3	Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter ...	47
4.3.4	Hasil Pengukuran pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter.....	48
4.3.5	Hasil Pengukuran Rata – rata dari 4 Ketinggian Permukaan Air Keluar ..	49
4.4	Perhitungan Efisiensi	50
4.4.1	Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 1... 51	
4.4.2	Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 2... 52	
4.4.3	Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 3... 53	
4.4.4	Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 4... 54	

4.4.5 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 1.....	55
4.4.6. Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 2....	56
4.4.7 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 3.....	57
4.4.8 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 4.....	58
4.4.9 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 1... 59	
4.4.10 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 2. 60	
4.4.11 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 3. 61	
4.4.12 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 4. 63	
4.4.13 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 1.....	64
4.4.14 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 2.....	65
4.4.15 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 3.....	66
4.4.16 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 4.....	67
4.5 Evaluasi.....	68
BAB V.....	75
PENUTUP.....	75
5.1 Kesimpulan.....	75
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Instalasi pompa hidram	5
Gambar 2.2 Prinsip kerja pompa hidram	7
Gambar 2.3 Skema pompa hidram pada tahap akselerasi.....	8
Gambar 2.4 Skema pompa hidram pada tahap kompresi.....	9
Gambar 2.5 Skema pompa hidram pada tahap penghantar.....	10
Gambar 2.6 Skema pompa hidram pada tahap rekoil	10
Gambar 2.7 Diagram satu siklus kerja pompa hidram.....	11
Gambar 2.8 Kurva Karakteristik Pompa Hidram.....	13
Gambar 2.9 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson	20
Gambar 2.10 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut rankine	21
Gambar 3.1 Rancangan pompa hidram.....	24
Gambar 3.2 Kunci pas.....	25
Gambar 3.5 Gergaji.....	25
Gambar 3.6 Bor.....	26
Gambar 3.7 Gunting.....	26
Gambar 3.8 Meteran.....	27
Gambar 3.9 Drum.....	27
Gambar 3.10 Pipa.....	28
Gambar 3.12 Katup	29
Gambar 3.13 Dobel nepel	29
Gambar 3.15 Sambungan siku	30
Gambar 3.16 Tandon penampung debit hasil	30
Gambar 3.17 Tandon penampung debit limbah.....	31
Gambar 3.18 Rangka besi	31
Gambar 3.19 Karet ban nilon.....	32
Gambar 3.20 Seal tape	32
Gambar 3.21 Lem pipa.....	33
Gambar 3.21 Lem besi	33
Gambar 4.1 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 143 gram)	70
Gambar 4.2 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 160 gram)	70

Gambar 4.3 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 170 gram)	71
Gambar 4.4 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 180 gram)	71
Gambar 4.5 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 143 gram).....	72
Gambar 4.6 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 160 gram).....	72
Gambar 4.7 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 170 gram).....	73
Gambar 4.8 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 180 gram).....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya	16
Tabel 2.2 Diameter pipa penghantar berdasarkan ukuran pompa.....	17
Tabel 2.3 Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar	17
Tabel 4.1 Ketinggian masing-masing individu	42
Tabel 4.2 Rata - rata hasil percobaan	43
Tabel 4.3 Hasil pengukuran debit pada tinggi permukaan air keluar 4,25 meter	46
Tabel 4.4 Hasil pengukuran debit pada tinggi permukaan air keluar 5,5 meter	47
Tabel 4.5 Hasil pengukuran pada ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter.....	48
Tabel 4.6 Hasil pengukuran pada ketinggian permukaan air keluar 8 meter.....	49
Tabel 4.7 Rata-rata hasil pengukuran dari 3 percobaan.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar rancangan.....	78
Lampiran 2. Rancangan anggaran biaya.....	79
Lampiran 3. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 4,25 meter.....	81
Lampiran 4. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 5,5 meter.....	81
Lampiran 5. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 6,75 meter.....	81
Lampiran 6. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 8 meter.....	82
Lampiran 7. Tabel rata-rata hasil pengukuran 3 percobaan.....	82

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan	Penggunaan pertama halaman
η	Efisiensi pompa hidram	%	20
q	Debit hasil	Liter/detik	20
Q	Debit limbah	Liter/detik	20
h	Head keluar	meter	20
H	Head masuk	meter	20
Q _{out}	Debit air yang dikeluarkan/dihasilkan	Liter/menit	21
Q _{in}	Debit air yang masuk	Liter/menit	21
Q	Debit air yang ditampung	Liter/detik	21
v	Volume air yang ditampung	Liter	21
t	Waktu	Detik	21
ρ	Massa jenis zat cair	Liter/meter ³	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia, khususnya untuk kehidupan sehari-hari seperti keperluan memasak, mencuci, makan dan minum, sanitasi, bahkan keperluan produksi. Namun saat ini ketersediaan air sering menjadi masalah karena sulit didapatkan, salah satu faktor penyebabnya adalah sulitnya mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya yang lebih tinggi. Untuk menangani masalah ini, diperlukan sebuah instalasi pompa yang dapat mengalirkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Saat ini pompa air sudah banyak beredar di pasaran dan banyak sekali jenisnya, namun meskipun demikian, pompa-pompa yang beredar tersebut umumnya membutuhkan energi listrik untuk tenaga penggerakannya. Hal ini seringkali menjadi kendala bagi warga yang tinggal di beberapa daerah yang tidak mendapat pasokan listrik dari PLN, sehingga dibutuhkan sebuah instalasi pompa yang bisa bekerja tanpa menggunakan energi listrik.

Pompa hidraulik atau yang biasa disebut pompa hidram merupakan salah satu jenis pompa yang tidak membutuhkan energi listrik karena memanfaatkan tekanan udara dan tekanan air itu sendiri sebagai tenaga penggerakannya. Pada sistem kerjanya, air mengalir dari sumber air menuju pompa hidram melalui sebuah pipa, kemudian aliran air tersebut menyebabkan tekanan di dalam tabung udara menjadi vakum sehingga klep buang dan klep tekanan bergerak saling berlawanan arah dan memompa air ke atas permukaan.

Teknologi ini dapat diterapkan pada kehidupan sehari-hari dan dijadikan sebagai solusi untuk menangani masalah kelangkaan air dengan biaya pemasangan yang relatif murah.

1.2. Perumusan

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang dibahas dalam laporan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah prinsip kerja pompa hidram?
2. Berapakah debit air yang dapat dihasilkan oleh pompa hidram?
3. Bagaimanakah pengaruh ketinggian pipa penyalur terhadap debit yang dihasilkan?
4. Bagaimanakah pengaruh ketinggian pipa penghantar terhadap kinerja pompa hidram?

1.3. Pembatasan Masalah

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Ketinggian sumber air yang digunakan adalah 3,16 meter dengan panjang pipa penghantar 8 meter.
2. Aliran air dari sumber air menuju pompa terjadi secara miring dengan sudut 15° .
3. Diameter pipa penghantar 2".
4. Ketinggian pipa penyalur yang diuji memiliki macam variasi yaitu 4 macam ketinggian.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menemukan solusi dalam menangani masalah kelangkaan air.
2. Mengetahui mekanisme kerja pompa hidram beserta komponen pendukungnya.
3. Mampu menganalisa kinerja pompa hidram sesuai dengan data yang didapatkan di lapangan.
4. Memanfaatkan energi yang tak terbatas dan mudah didapat untuk mengurangi penggunaan energi listrik atau sumber daya alam yang semakin menipis.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan melalui pembuatan tugas akhir ini adalah membantu memberikan informasi dan solusi untuk menangani permasalahan-permasalahan yang terjadi di kalangan masyarakat khususnya dalam hal kelangkaan air dan energi listrik dengan cara menerapkan metode yang tepat berdasarkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang pesat di bidang teknik mesin.

1.6. Sistematika Penulisan Laporan

Laporan ini dibahas dan disusun secara berurutan untuk memberikan gambaran umum tentang pompa hidram dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang penjelasan umum mengenai pompa hidram meliputi landasan teori, prinsip kerja, komponen pendukung, faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja pompa hidram, dan lain-lain.

BAB III PROSEDUR PELAKSANAAN TUGAS AKHIR

Bab ini berisi penjelasan tentang proses pembuatan pompa hidram meliputi pemilihan alat dan bahan, tahap-tahap pembuatan dan pengujian alat

BAB IV EVALUASI DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang cara pengambilan data, hasil pengujian dan analisis serta evaluasi kinerja pompa hidram.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari pelaksanaan tugas akhir beserta pembuatan laporannya

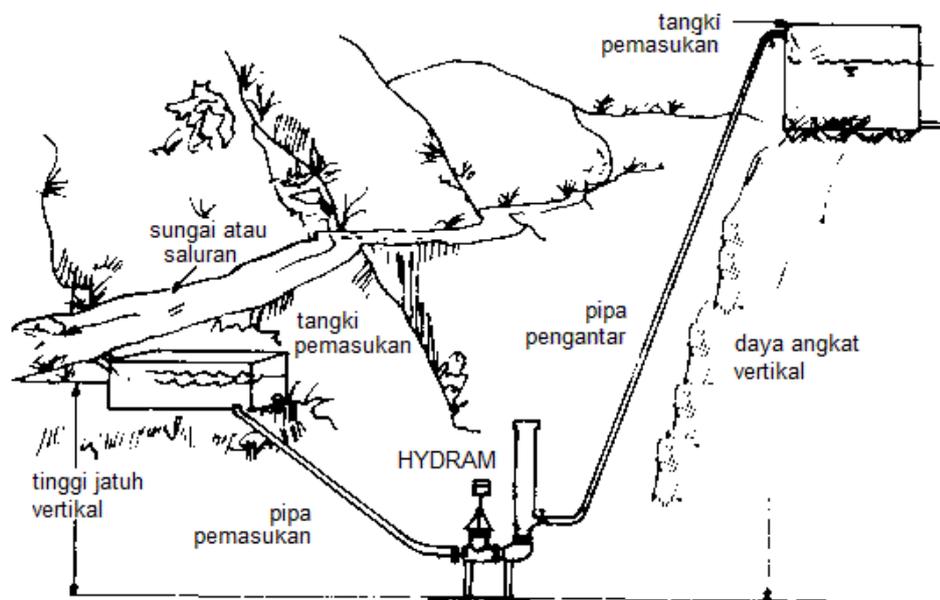
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pompa Hidram

Pompa merupakan salah satu jenis alat yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat yang diinginkan. Zat cair tersebut contohnya adalah air, oli serta fluida lainnya yang tak mampu mampat.

Pompa hidram atau singkatan dari *hydraulic ram* berasal dari kata *hydro* (air) dan *ram* (hantaman/pukulan) sehingga dapat diartikan menjadi tekanan air. Berdasarkan definisi tersebut maka pompa hidram dapat diartikan sebagai sebuah pompa yang energi atau tenaga penggerakannya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Untuk itu, masuknya air yang berasal dari sumber air ke dalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus agar pompa dapat terus bekerja.



Sumber: kelair.bppt.go.id

Gambar 2.1 Instalasi pompa hidram

Dalam operasinya, pompa hidram mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasional murah, tidak memerlukan pelumasan, sangat kecil kemungkinan terjadinya keausan karena hanya mempunyai 2 bagian yang bergerak, perawatan sederhana dan dapat bekerja secara efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan yang sederhana, sehingga alat ini sering dianggap sebagai pompa yang ekonomis.

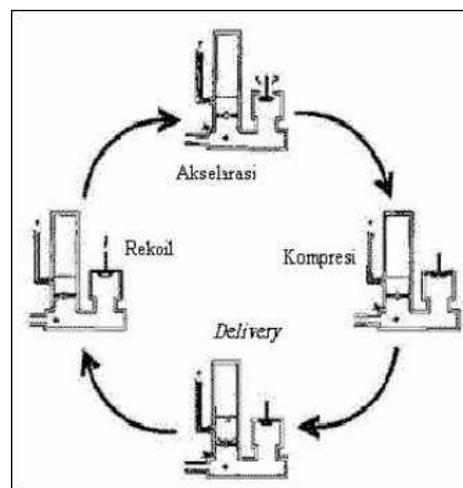
Penggunaan pompa hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga saja, tetapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air pada sektor lainnya. Untuk itu, penggunaan pompa hidram dapat memberikan banyak manfaat, diantaranya:

- a. Untuk mengairi sawah dan ladang ataupun areal perkebunan yang membutuhkan pasokan air secara kontinyu. Hal ini cocok diterapkan di daerah pertanian dan persawahan tadah hujan yang tidak terjangkau oleh jaringan irigasi dan terletak di tempat yang lebih tinggi daripada sumber air, karena pompa hidram dapat memompa air dari bawah ke tempat yang lebih tinggi dalam jumlah yang memadai.
- b. Untuk mengairi kolam dalam usaha perikanan.
- c. Mampu menyediakan air untuk usaha peternakan.
- d. Mampu memberi pasokan air untuk kebutuhan industri atau pabrik-pabrik pengolahan.
- e. Air yang dihasilkan mampu menggerakkan turbin yang berputar karena kekuatan air yang masuk dari pompa hidram, sehingga dapat menghasilkan listrik bila dihubungkan dengan generator.

2.2 Prinsip Kerja Pompa Hidram

Mekanisme kerja pompa hidram adalah pelipat gandaan kekuatan pukulan sumber air yang merupakan *input* ke dalam tabung pompa hidram dan menghasilkan *output* air dengan volume tertentu sesuai dengan lokasi yang memerlukan. Dalam mekanisme ini terjadi proses perubahan energi kinetik berupa aliran air menjadi tekanan dinamis yang mengakibatkan timbulnya palu air, sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan perlengkapan klep buang dan klep tekan yang terbuka dan tertutup secara bergantian, tekanan dinamik diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai kompresor, yang mampu mengangkat air dalam pipa penghantar.

Cara kerja pompa hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



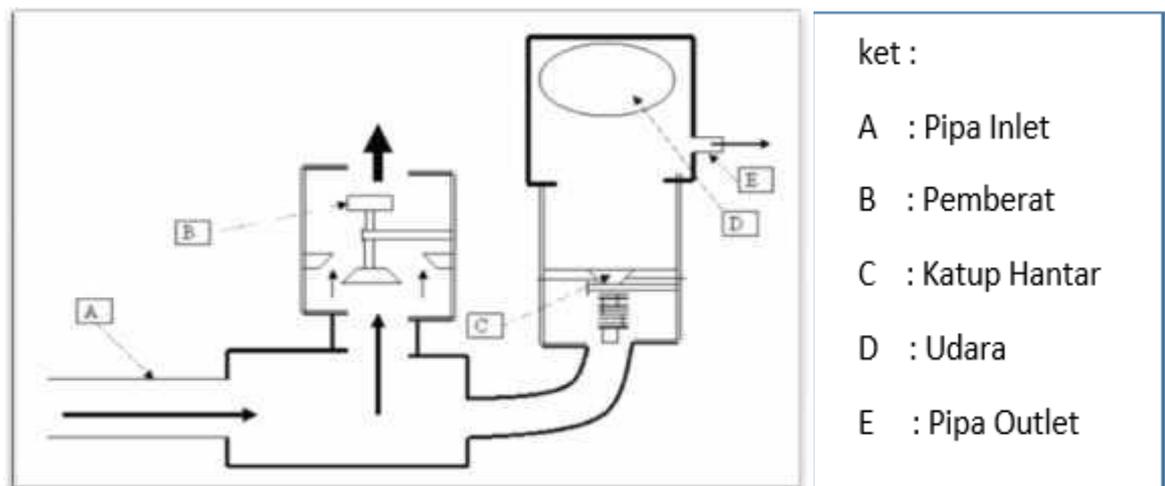
Sumber: Suroso, 2012

Gambar 2.2 Prinsip kerja pompa hidram

Gambar 2.2 menjelaskan tentang cara kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 4 tahap, diantaranya:

a. Akselerasi

Pada tahap ini klep buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram dan keluar melalui klep buang. Akibat pengaruh ketinggian sumber air, maka air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya mencapai nol. Posisi klep tekan masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini, tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui pipa penyalur. Gambar 2.3 berikut adalah skema pompa hidram pada tahap akselerasi.

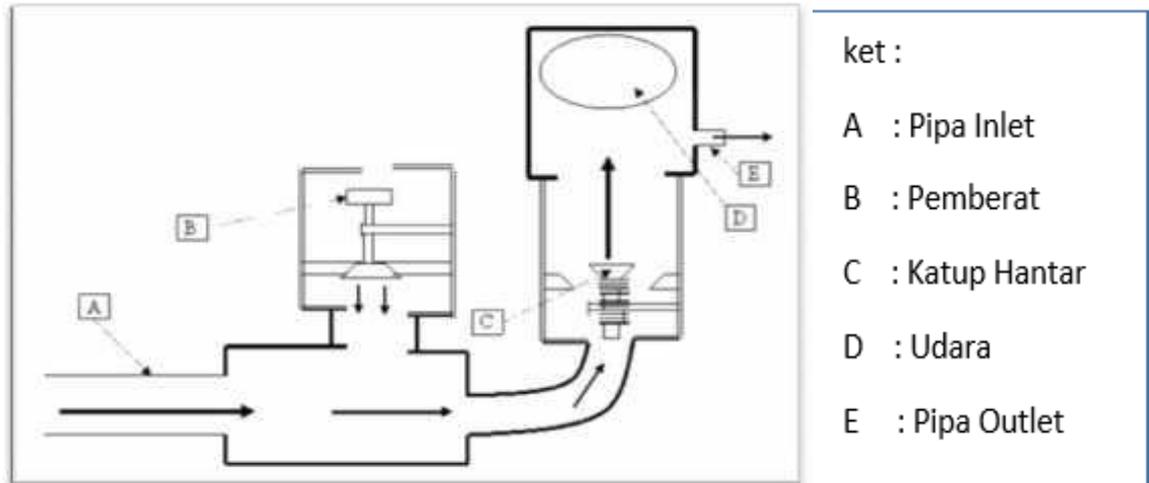


Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.3 Skema pompa hidram pada tahap akselerasi

b. Kompresi

Saat kompresi, air memenuhi badan pompa. Klep buang terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Pada saat itu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba ke segala arah yang kemudian mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya klep buang terjadi sangat cepat. Skema pompa hidram saat kompresi dapat dilihat pada Gambar 2.4.

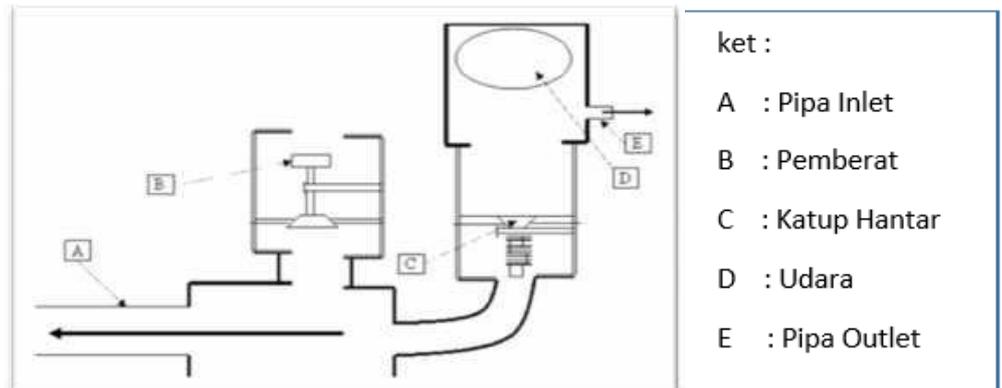


Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.4 Skema pompa hidram pada tahap kompresi

c. Penghantar

Pada tahapan yang ketiga ini, keadaan klep buang masih tetap tertutup. Penutupan klep yang secara tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis yang terjadi pada pipa masuk. Kemudian dengan cepat klep tekan terbuka sehingga sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara yang ada pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan dan mendorong air keluar melalui pipa penyalur. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 2.5.

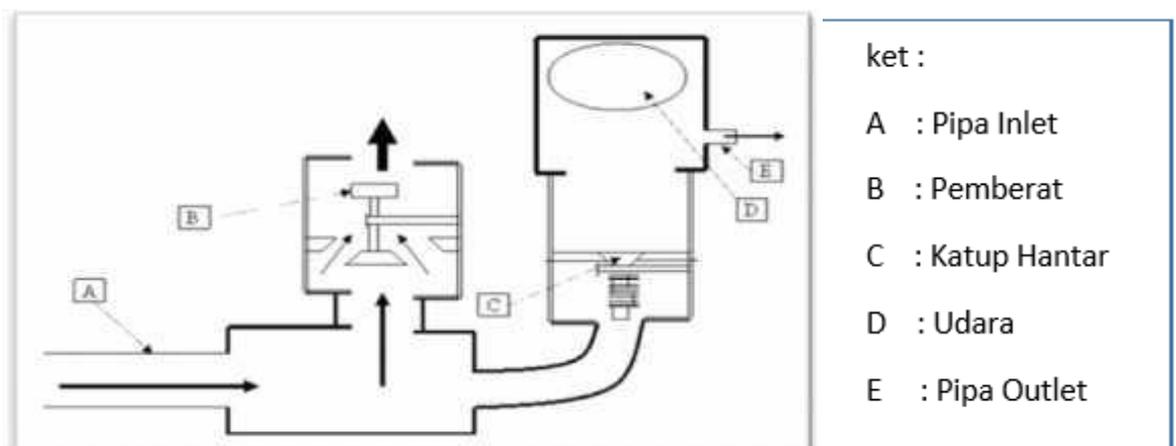


Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.5 Skema pompa hidram pada tahap penghantar

d. Rekoil

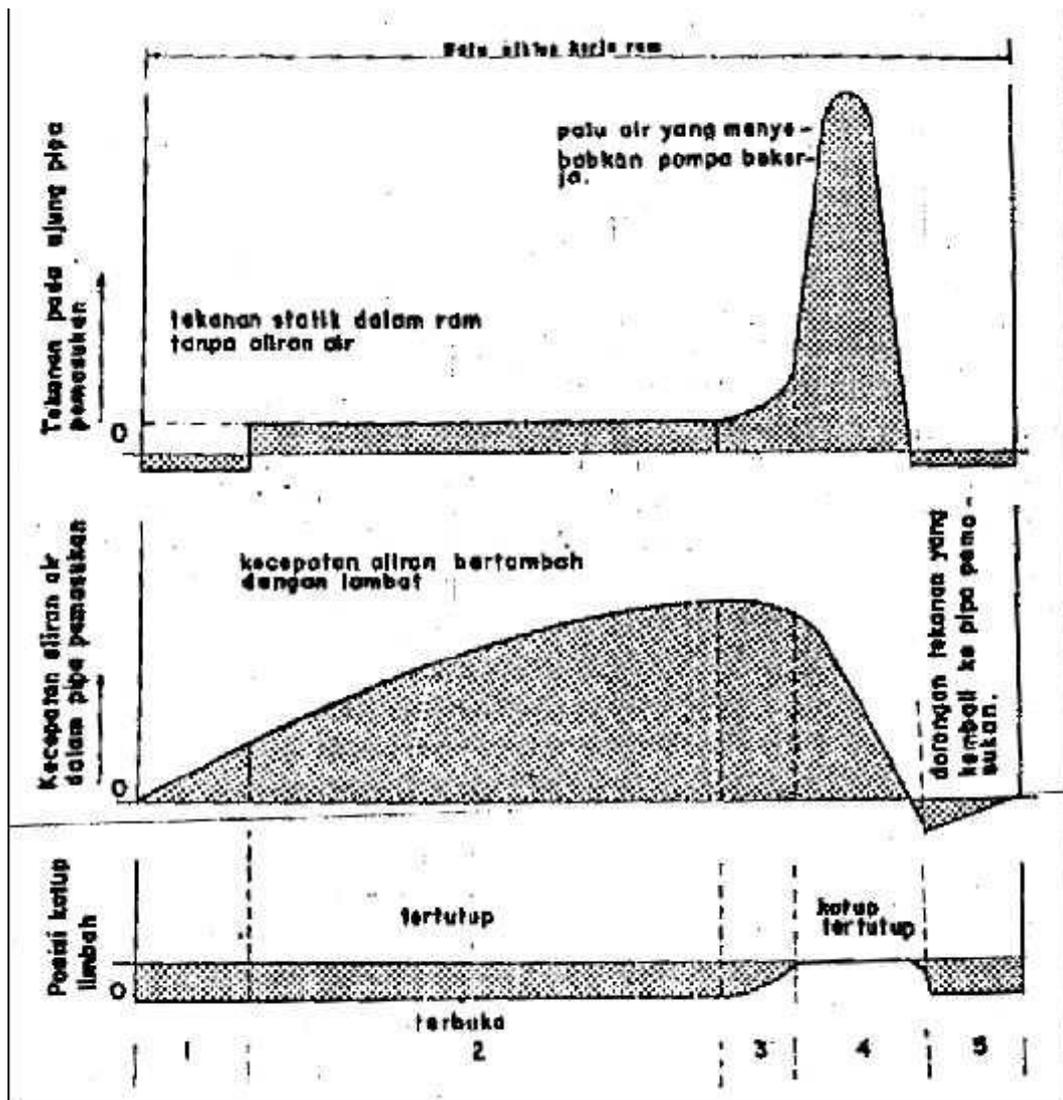
Klep tekan tertutup dan tekanan di dekat klep tekan masih lebih besar daripada tekanan statis di pipa masuk, sehingga aliran berbalik arah dari badan hidram menuju sumber air. Rekoil menyebabkan terjadinya kevakuman pada hidram yang mengakibatkan sejumlah udara dari luar masuk ke pompa. Tekanan di sisi bawah klep buang berkurang, dan karena berat klep buang itu sendiri, maka klep buang kembali terbuka. Tekanan air terjadi pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.6 Skema pompa hidram pada tahap rekoil

Bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan klep buang selama satu siklus kerja hidram, diperlihatkan dengan sangat sederhana dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.7 Diagram satu siklus kerja pompa hidram

Gambar 2.7 menjelaskan diagram satu siklus kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 5 periode, yaitu:

a. Periode 1

Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram bertambah, air melalui klep buang yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidram.

b. Periode 2

Aliran bertambah sampai maksimum melalui klep buang yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.

c. Periode 3

Klep buang mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidram, kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

d. Periode 4

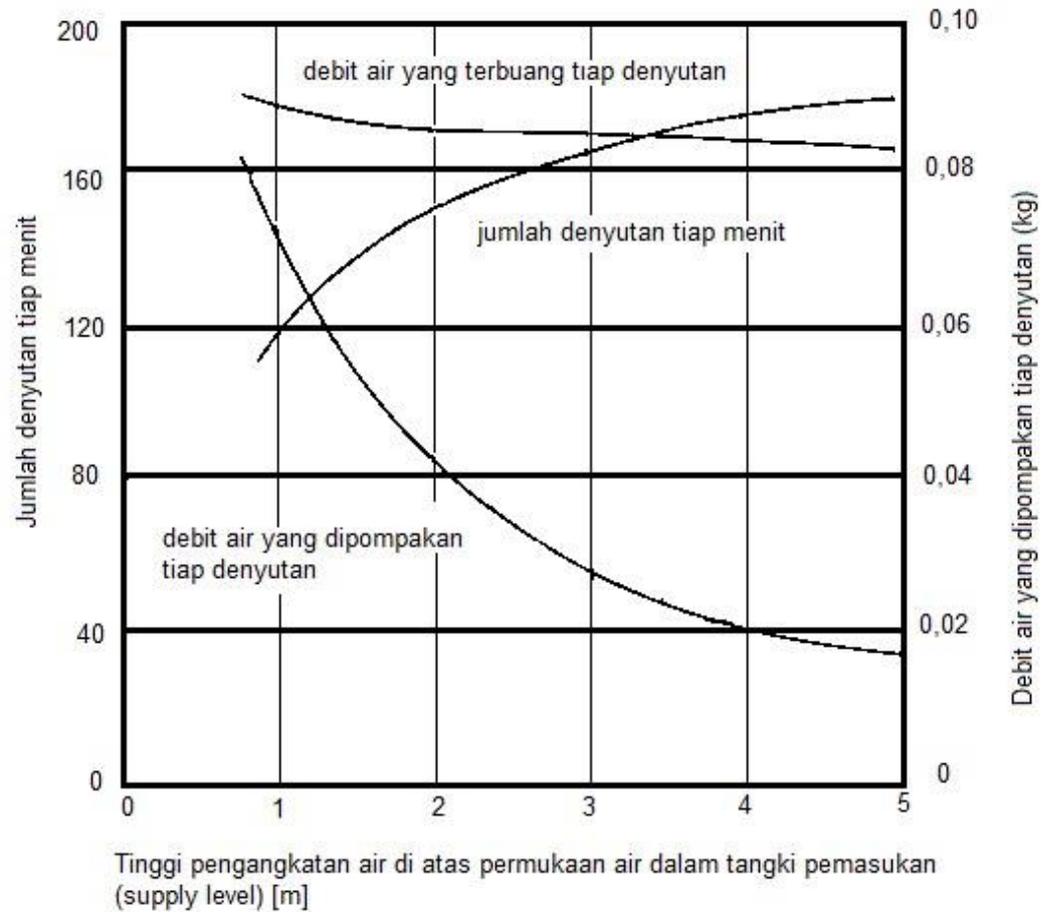
Klep buang tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui klep tekan. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.

e. Periode 5

Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidram. Klep buang terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui klep buang dan siklus hidram terulang kembali.

2.2.1 Kurva Karakteristik Pompa Hidram

Kurva karakteristik pompa hidram digunakan untuk menentukan pompa yang tepat digunakan pada sebuah sistem. Digambarkan terdapat 3 variabel, yaitu variabel jumlah denyutan, variabel debit hasil, dan variabel head sebagai variabel tetapnya.



Gambar 2.8 Kurva Karakteristik Pompa Hidram

2.3 Komponen Pompa Hidram

Pompa hidram terdiri dari beberapa komponen yang membentuk suatu sistem, yang meliputi klep buang, klep tekan, tabung udara, pipa masuk/penghantar, dan pipa keluar/penyalur.

2.3.1 Klep Buang

Klep buang merupakan salah satu komponen terpenting pompa hidram, oleh sebab itu klep buang harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan.

Fungsi klep buang sendiri untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara.

Klep buang dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat, sehingga saat klep buang menutup, akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan klep buang dengan beban ringan dan panjang langkah lebih pendek, memungkinkan terjadinya denyutan yang lebih cepat sehingga debit air yang terangkat akan lebih besar dengan lonjakan tekanan yang lebih kecil.

2.3.2 Klep Tekan

Klep tekan adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Klep tekan harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hidram. Selain itu, klep tekan juga harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran.

2.3.3 Tabung Udara

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus ram. Selain itu, dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa penghantar secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara akan bergetar hebat dan dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian, maka ram harus segera dihentikan. Untuk menghindari hal-hal tersebut, para ahli berpendapat bahwa volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penyalur.

2.3.4 Katup Udara

Udara dalam tabung udara secara perlahan-lahan akan ikut terbawa ke dalam pipa penyalur karena pengaruh turbulensi air. Akibatnya, udara dalam pipa perlu diganti dengan udara baru melalui katup udara.

Ukuran katup udara harus disesuaikan sehingga hanya mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap kali langkah kompresi. Jika katup udara terlalu besar, udara yang masuk akan terlampaui banyak dan ram hanya akan memompa udara. Namun jika katup udara kurang besar, udara yang masuk terlampaui sedikit, ram akan bergetar hebat, memungkinkan tabung udara pecah. Oleh karena itu, katup udara harus memiliki ukuran yang tepat.

Beberapa versi menyebutkan bahwa katup udara diperlukan keberadaannya dalam pompa hidram, namun banyak versi lainnya mengatakan katup udara ini tidak harus ada dalam pompa hidram, sehingga penggunaannya tergantung pada masing masing individu yang membuat.

2.3.5 Pipa Masuk/Penghantar

Pipa masuk atau biasa disebut pipa penghantar adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa penghantar harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa penghantar harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya klep buang secara tiba-tiba. Selain itu, pipa penghantar harus terbuat dari bahan yang tidak fleksibel untuk menghasilkan efisiensi yang maksimal. Biasanya pipa penghantar ini menggunakan pipa besi yang digalvanisir, tetapi bisa juga menggunakan bahan yang dibungkus dengan beton.

Untuk mengurangi kerugian-kerugian akibat gesekan, maka dalam penentuan panjang pipa penghantar harus berkisar antara 150-1000 kali dari ukuran diameternya. Untuk mengetahui ukuran-ukuran pipa penghantar yang sesuai dengan ketentuan tersebut maka dapat dilihat referensi pada Tabel 2.1 yang menunjukkan panjang minimum dan maksimum pipa penghantar yang dianjurkan pada setiap ukuran diameter.

Tabel 2.1 Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya

Diameter Pipa Penghantar (mm)	Panjang (m)	
	Minimum	Maksimum
13	2	13
20	3	20
25	4	25
30	4.5	30
40	6	40
50	7.5	50
80	12	80
100	15	100

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Sedangkan untuk menentukan diameter pipa penghantar biasanya dapat disesuaikan dengan ukuran pompa hidram yang direkomendasikan oleh pabrik seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Diameter pipa penghantar berdasarkan ukuran pompa

Ukuran Pompa Hidram (inchi)	Diameter Pipa Penghantar (mm)
1	32
2	38
3	51
3,5	63,5
4	76
5	101
6	127

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

Berdasarkan ukuran pompa hidram maupun pipa penghantar, maka dapat diketahui debit air yang dibutuhkan pipa penghantar seperti terlihat pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar

Ukuran Pompa Hidram (Inchi)	Debit yang Dibutuhkan Pipa Penghantar (Liter/menit)
1	7-16
2	12-25
3	27-55
3,5	45-96
4	68-137
5	136-270
6	180-410

Sumber : <http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html>

2.3.6 Pipa Keluar/Penyalur

Pipa keluar atau biasa disebut pipa penyalur merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air hasil pemompaan yang berasal dari tabung udara. Ukuran

diameter pipa penyalur biasanya lebih kecil dari ukuran diameter pipa penghantar, sedangkan ukuran panjangnya disesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan.

2.3.7 Sumber Air

Air yang masuk ke saluran pipa penghantar harus bebas dari sampah dan pasir maupun kerikil agar pompa tidak macet, karena sampah dan pasir yang ikut terbawa oleh air dapat menyumbat atau menahan klep. Jika air yang mengalir dari sumber air tidak bersih dari sampah dan kerikil maka mulut pipa penghantar di ujung sumber air harus dipasang saringan. Jika sumber air terlalu jauh dari pompa hidram, maka saluran air agar bisa mencapai pipa penghantarnya harus dirancang sedemikian rupa agar air bisa mencapai pipa penghantar tersebut. Saluran pipa kearah pipa penghantar, diameternya paling tidak dua kali lebih besar dari pipa penghantar.

2.3.8 Tandon Air

Tandon air dipasang ditempat dimana air dibutuhkan. Fungsi dari tandon adalah untuk menampung air yang telah dipompa naik oleh pompa hidram. Ukuran tandon tergantung dari kapasitas yang dibutuhkan.

2.4 Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram

Dalam pengoperasian pompa hidram sering ditemukan beberapa kendala, yang paling banyak dijumpai adalah klep buang yang tidak berfungsi dengan baik, misalnya:

- a. Tidak dapat naik/menutup, disebabkan oleh klep terlalu berat atau kurangnya debit air yang masuk pompa. Hal ini dapat diatasi dengan mengurangi beban atau memperpendek langkah klep buang.

- b. Klep tidak mau turun/membuka, disebabkan karena beban klep terlalu ringan, sehingga dapat diatasi dengan menambah beban atau memperpanjang langkah klep buang.

Agar pompa hidram dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan, maka dalam proses pembuatannya harus memperhatikan beberapa faktor penting, diantaranya:

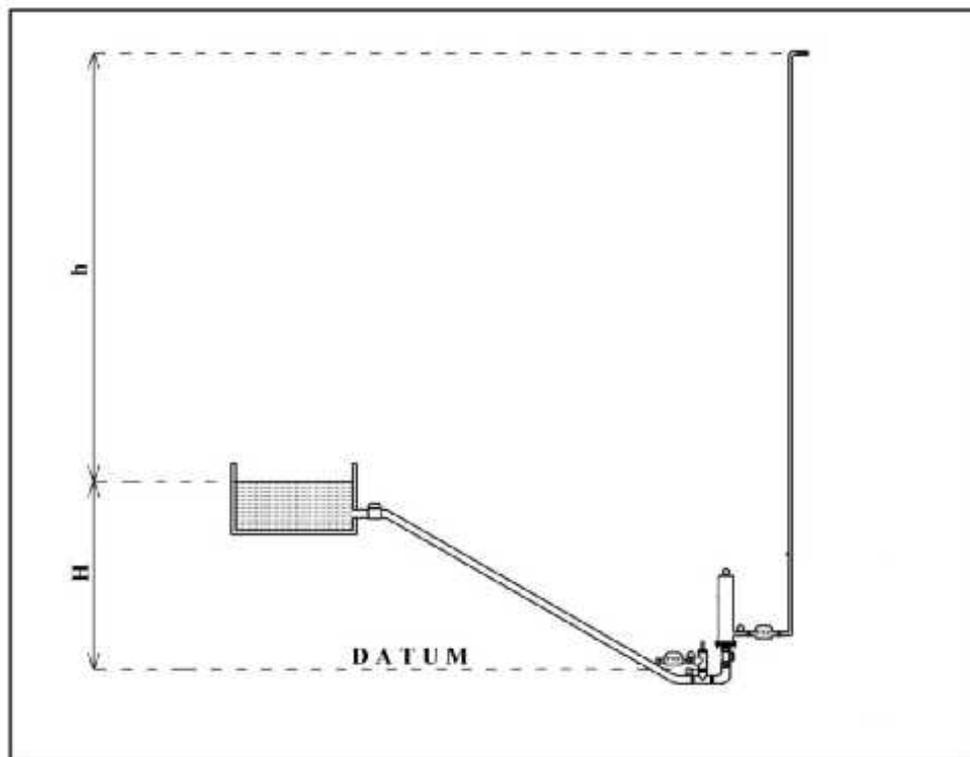
- a. Diameter pipa pemasukan/penghantar supaya ditentukan dan dihitung sehingga tidak dapat menyerap seluruh debit air dari sumber air yang digunakan, dalam artian masih ada air yang melimpah dari tempat sumber air selama pemompaan bekerja. Hal ini bertujuan untuk menjaga kestabilan tinggi jatuh air dari sumber ke pompa.
- b. Diameter pipa untuk badan pompa supaya dibuat lebih besar dari pada diameter pipa pemasukan/penghantar. Hal ini berarti besar/kecilnya badan pompa ditentukan oleh besar/kecilnya diameter pipa pemasukan/penghantar.
- c. Diameter pipa untuk tabung udara sebaiknya dibuat lebih besar daripada diameter badan pompa.
- d. Diameter lubang klep buang dan lubang klep tekan sebaiknya dibuat lebih besar daripada diameter pipa pemasukan/penghantar.
- e. Sudut miring pipa pemasukan/penghantar dibuat 15° dengan panjang pipa dibuat 5 – 8 kali tinggi jatuh air.
- f. Selama pompa bekerja supaya tinggi angkat klep dan pemberat klep buang diatur sehingga klep dapat terangkat dan tertutup sebanyak 50-60 kali setiap menit.

2.5 Efisiensi Pompa Hidram

Untuk mencari efisiensi pompa hidram, terdapat beberapa rumus/persamaan yang dapat digunakan dalam perhitungan, diantaranya adalah sebagai berikut:

a. Menurut D'Aubuisson

Menurut D'Aubuisson, perhitungan efisiensi pompa hidram berpatokan pada klep buang untuk digunakan sebagai datum. Untuk mengetahui cara perhitungan tersebut dengan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.9 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson

Sehingga dapat dirumuskan¹ :

$$\eta = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H} \dots \dots \dots (1)$$

¹ Godavari Sugar Mills Ltd, *Hydram Pumps*, 2007 hal 28

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

q = debit hasil, (Liter/detik)

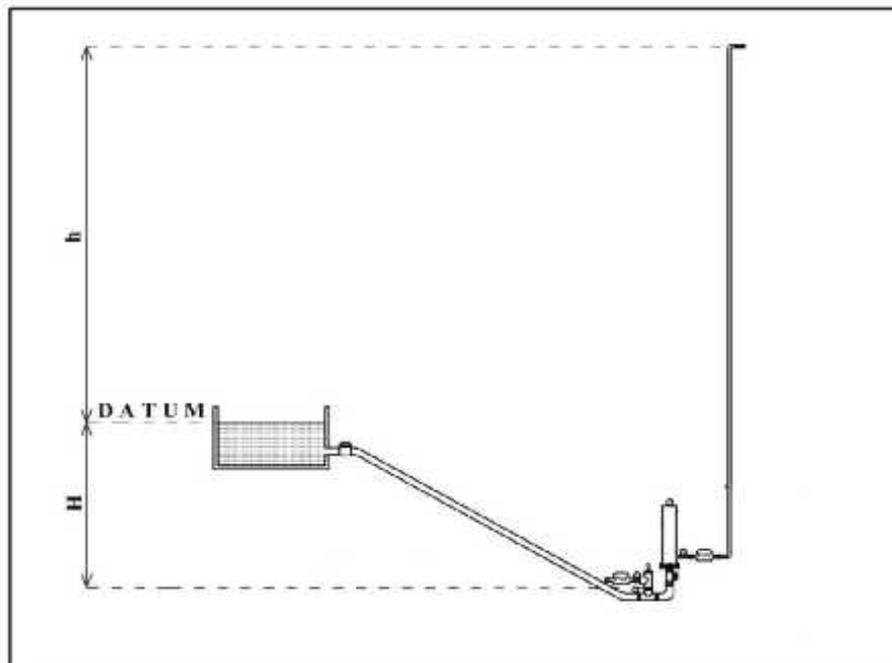
Q = debit limbah, (Liter/detik)

h = head keluar, (meter)

H = head masuk, (meter)

b. Menurut Rankine

Menurut Rankine, permukaan air pada tangki pemasukan digunakan sebagai datum. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Sumber: Surya, 2013

Gambar 2.10 Datum dalam perhitungan efisiensi menurut rankine

Sehingga dapat dirumuskan² :

$$\eta = \frac{q \cdot h}{Q \cdot H} \dots \dots \dots (2)$$

² Godavari Sugar Mills Ltd, *Hydram Pumps*, 2007 hal 28

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

q = debit hasil, (Liter/detik)

Q = debit limbah, (Liter/detik)

h = head keluar, (meter)

H = head masuk, (meter)

Selain menggunakan rumus/persamaan efisiensi menurut metode D'Aubuisson dan Rankine, efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan persamaan³ :

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

Qout = debit air yang keluar/dihasilkan, (Liter/menit)

Qin = debit air yang masuk, (Liter/menit)

Sedangkan untuk menghitung besarnya debit yang dihasilkan oleh pompa hidram, dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus/persamaan⁴

$$Q = \frac{v}{t} \dots \dots \dots (4)$$

dimana:

Q = debit air yang ditampung, (Liter/detik)

V = volume air yang ditampung, (Liter)

t = waktu, (detik)

³ Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy Y., *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*, 2012 hal 273

⁴ Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy Y., *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*, 2012 hal 273

BAB III

PROSEDUR PEMBUATAN ALAT

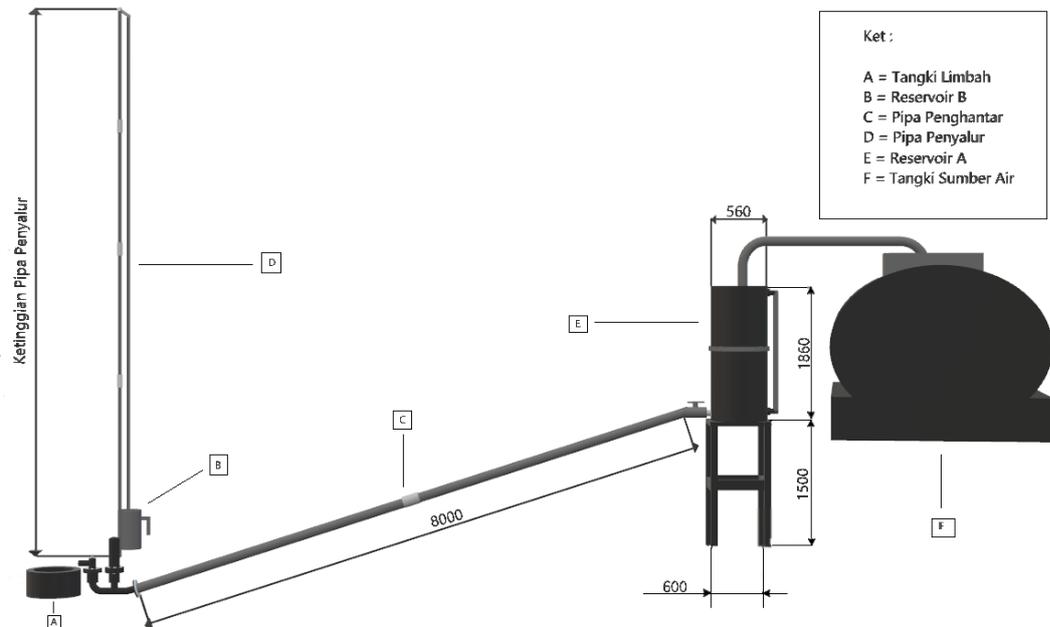
3.1 Perancangan Alat

Berikut akan dibahas tahap-tahap dalam pembuatan pompa hidram yang dimana alat ini bekerja berdasarkan ketinggian sumber air yang telah ditentukan dan di uji dengan beberapa variable, ketinggian sumber air yang dituju berat dari bandul pada klep buang.

Dalam menentukan rancangan alat harus mempertimbangkan beberapa hal, termasuk sifat dari alat tersebut. Sehingga dapat ditentukan bentuk, serta ukuran alat dan bahan yang di perlukan. Beberapa sifat dari alat ini bisa di tentukan berdasarkan identifikasi dengan menganalisa cara kerja alat yang hendak di buat. Topik yang akan di bawakan dalam bahasan kali ini yaitu tentang pompa hidram, dimana menggunakan drum besi dengan kapasitas 440 liter sebagai sumber air, pipa pvc 2 inch sebagai pipa penghantar/penyalur, tabung udara, klep dengan bahan besi sebagai klep buang dan tekan, serta rangka besi setinggi 1,5 meter sebagai tempat dari ketinggian drum. Bahan-bahan tersebut harus memenuhi kriteria sebagai berikut :

- a. Sumber air harus memiliki ketinggian tertentu dan volume yang sesuai dengan kebutuhan dari pompa hidram.
- b. Ukuran pipa harus sesuai dengan ketentuan agar pompa hidram dapat bekerja secara maksimal.
- c. Tabung udara harus terbebas dari udara agar dapat vakum.

d. Material bahan disesuaikan berdasarkan kondisi kerja yang di butuhkan Berdasarkan kriteria tersebut, maka dibuat sebuah rancangan pompa hidram seperti gambar di bawah ini .



Gambar 3.1 Rancangan pompa hidram

3.2 Pemilihan Alat dan Bahan

Setelah rancangan pompa hidram dibuat, langkah selanjutnya adalah pemilihan alat dan bahan yang akan digunakan sesuai dengan kriteria yang di dapat dari hasil identifikasi dan di rencanakan semula. Pemilihan alat dan bahan sebaiknya diperhartikan kualitasnya, karena alat dan bahan yang baik akan berpengaruh baik pula terhadap kualitas dari pompa hidram itu sendiri. Begitu juga sebaliknya, pemilihan alat dan bahan yang tidak sesuai dapat berpengaruh buruk terhadap kualitas dari pompa hidram.

3.2.1 Alat

Alat yang di butuhkan dalam pembuatan pompa hidram diantaranya :

a. Kunci Pas

Kunci pas digunakan untuk mengencangkan bagian-bagian yang sekiranya perlu di kencangkan dan di kendurkan. Seperti, melepas mur dan baut pada klep buang, plat besi dan alat-alat lainnya.



Gambar 3.2 Kunci pas

b. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong bahan, seperti pipa penyalur, alas kayu, dan bahan lainnya.



Gambar 3.5 Gergaji

c. Bor

Bor digunakan untuk melubangi tangka drum untuk keluarnya air, serta melubangi daerah yang nantinya digunakan untuk membuat air level pada tangka drum.



Gambar 3.6 Bor

d. Gunting

Gunting digunakan untuk memotong karet ban yang digunakan pada klep buang.



Gambar 3.7 Gunting

e. Meteran

Meteran digunakan untuk mengukur Panjang serta diameter benda kerja.



Gambar 3.8 Meteran

3.2.2 Bahan

Dalam pembuatan pompa hidram menggunakan beberapa jenis bahan, diantaranya :

a. Drum



Gambar 3.9 Drum

Drum digunakan untuk menampung sumber air yang akan masuk kedalam pompa hidram. Drum yang di pilih untuk digunakan merupakan dua drum yang di las menjadi satu sehingga memiliki kapasitas sebesar 440 liter dengan bahan yang terbuat dari besi/seng. Dimensi dari drum itu sendiri memiliki tinggi 186 cm dan diameternya 58 cm, sehingga drum dapat memenuhi kriteria level dan volume air yang dibutuhkan. Drum yang digunakan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

b. Pipa

Pipa digunakan sebagai saluran air yang akan masuk maupun keluar dari pompa hidram. Untuk air yang masuk kedalam pompa hidram menggunakan pipa penghantar dengan ukuran diameter 2 inch, sedangkan air yang keluar dari pipa penyalur pompa hidram memiliki ukuran 0,5 inchi. Gambar dibawah berikut adalah pipa pvc yang dibutuhkan dalam rangkaian pompa hidram.



Gambar 3.10 Pipa

c. Katup

Katup berfungsi untuk membuka atau menutup aliran air yang berasal dari drum. Katup yang di gunakan adalah pvc seperti gambar dibawah.



Gambar 3.12 Katup

d. Dobel Nepel

Dobel nepel digunakan untuk menghubungkan beberapa komponen.



Gambar 3.13 Dobel nepel

e. Sambungan Siku

Sambungan siku digunakan untuk mengubah arah dan bentuk aliran air, yaitu dengan bahan PVC.



Gambar 3.15 Sambungan siku

f. Tandon Penampung debit hasil dan limbah



Gambar 3.16 Tandon penampung debit hasil

Tandon air digunakan untuk menampung air hasil pemompaan dan air yang terbuang dari klep buang. Untuk air hasil pemompaan ditampung dengan tandon yang terbuat dari plastik dengan kapasitas 10 liter, sedangkan air

dari klep buang ditampung dengan tandon plastik dengan kapasitas 20 liter.

Seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3.17 Tandon penampung debit limbah

g. Rangka Besi

Rangka besi digunakan sebagai tempat pemasangan/penyimpanan pompa hidram, drum, tandon air dan pompa listrik. Rangka besi dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.18 Rangka besi

h. Karet Ban Nilon

Karet ban nilon digunakan pada klep buang sebagai media pemompaan.



Gambar 3.19 Karet ban nilon

i. Seal Tape

Seal tape digunakan untuk melapisi bagian yang akan disambung.



Gambar 3.20 Seal tape

j. Lem Pipa

Lem pipa digunakan untuk menjadi bahan perekat pada sambungan pipa dan bersifat permanen agar tidak ada kebocoran pada sambungan pipa.



Gambar 3.21 Lem pipa

k. Lem besi

Lem besi digunakan untuk menyambung pipa pengantar dengan drum. Sehingga bisa merekat dengan kuat.



Gambar 3.21 Lem besi

3.3 Pembuatan Alat

Dalam proses pembuatan rangkaian pompa hidram dilakukan secara beruntun berdasarkan tahap-tahapan yang meliputi persiapan, pengerjaan, pemasangan, dan pengecekan.

3.3.1 Persiapan

Pada tahap persiapan merupakan proses awal dari pembuatan alat, yaitu tahap mempersiapkan segala macam alat dan bahan yang dibutuhkan dan digunakan. Alat-alat itu diantaranya :

a. Kunci pas

- b. Kunci pipa
- c. Obeng
- d. Gergaji
- e. Bor
- f. Gunting
- g. Meteran

Sedangkan bahan-bahan yang dibutuhkan diantaranya :

- a. Drum kapasitas 440 liter
- b. Pipa pvc ukuran 2 inchi 2 batang, ukuran 0,5 inchi 4 batang , ukuran 1 inchi 2 batang.
- c. Klep buang
- d. Klep tekan
- e. Katup pvc ukuran 2 inchi 1 buah
- f. *Flange* pvc 2 buah ukuran 2 inchi
- g. Dobel nepel 2 buah
- h. Sok pvc 0,5 inchi 5 buah
- i. Sambungan T
- j. Sambungan siku
- k. Tandon air plastik kapasitas 50 liter 1 buah dan gelas ukur 2 liter
- l. Karet ban nilon
- m. Seal tape 4 buah
- n. Lem pipa 1 buah
- o. Rangka besi ukuran tinggi 1,5 meter
- p. Lem besi dextone

3.3.2 Pengerjaan

Pada tahap persiapan pemasangan perlu diperhatikan beberapa hal, tujuannya adalah agar bahan-bahan yang dipasang sesuai dengan rancangan semula dan tidak ditemukan kendala. Hal-hal yang perlu diperhatikan tersebut diantaranya:

a. Drum

1. Sambung 2 buah drum menjadi satu dengan cara dilas.
2. Setelah disambung menjadi 1, pastikan las-lasan tidak ada kebocoran.
3. Lubangi bagian samping bawah drum dengan ukuran 2 inchi
4. Masukkan dobel nepel galvanis berukuran 2 inchi pada drum yang sudah dilubangi.
5. Dobel nepel diberi lem kaca agar terhindar dari kebocoran dan diberi lem besi
6. Lubangi belakang samping dari drum dan bagian atas samping dengan ukuran 0,5 inchi, yang nantinya digunakan untuk membuat *water level*.
7. Masukkan siku ukuran 0,5 pada lubang area samping belakang atas dan bawah.
8. Pasang selang transparan pada kedua siku yang berada pada samping belakang atas dan bawah.
9. Beri lem kaca dan lem besi agar tidak terjadi kebocoran pada drum tersebut.

b. Pompa Hidram

1. Periksa apakah bahan sudah layak digunakan, karena apabila pada tahap pengerjaan tidak sesuai dengan rancangan maka dapat menyebabkan kinerja alat menjadi kurang sempurna sehingga perlu dilakukan pengecekan sebelum bahan-bahan tersebut dipasang.
2. Bersihkan bahan-bahan dari kotoran atau partikel lainnya yang tidak diperlukan.
3. Siapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pemasangan.
4. Perhatikan keselamatan dan kesehatan kerja
5. Ukur bahan galvanis tersebut sebelum dipotong perbagian-bagian.
6. Potong bagian yang sudah diukur tersebut sesuai dengan ukurannya.
7. Bersihkan dari sisa potongan atau beram yang berada pada bagian-bagian tersebut. Jika ada kotoran yang nantinya akan menghambat dari kinerja dari pompa hidram tersebut.
8. Sambung *flange* pada bagaian klep buang dengan cara dilas ke badan pompa.
9. Sebelum disambung, pastikan sambungan fleng dengan badan pompa tidak ada kebocoran.
10. Sambung pula fleng dari badan pompa untuk fleng yang nantinya nyambung dengan tangka kompresi.
11. Pastikan fleng yang tersambung dengan badan pompa terbuat dengan rapih sesuai dengan aturan pengelasan untuk menghindari dari kebocoran.

12. Sambung knee ke badan pompa dengan cara dilas.
 13. Setelah semua komponen sudah terpasang menjadi satu, buat dudukan dari pompa hidram tersebut.
 14. Dudukan terbuat dari besi yang jenjang untuk mampu menopang dari pompa hidram tersebut, agar pompa hidram tersebut mampu berdiri.
 15. Setting *flange* dari awal, seperti fleng pada klep buang dan fleng pada tangka kompresi.
 16. Beri membran diantara kedua fleng yang tersambung.
 17. Membran yang digunakan terbuat dari bahan yang terbuat dari nilon.
 18. Setelah semua sudah terpasang, kencangkan baut pada setiap sisi flange secara beraturan.
 19. Periksa semua bagian yang telah di rakit menjadi satu kesatuan dari pompa hidram.
- c. Pipa Penghantar
1. Sambung pipa PVC ukuran 2 inchi sehingga ukuran Panjang menjadi 8 m.
 2. Pastikan sambungan dari pipa PVC tersebut kencang agar tidak ada udara yang masuk kedalam pipa.
 3. Beri lem untuk menghindari kebocoran.
 4. Periksa kembali apa masih ada kebocoran sebelum dialiri air.
- d. Rangka Drum
1. Potong besi sesuai ukuran yang nantinya digunakan untuk membuat dudukan dari tersebut.

2. Setelah semuanya diukur lalu besi semua dipotong sesuai ukuran.
3. Sambung semua besi yang terpotong tersebut dengan cara dilas agar kuat.
4. Pastikan sambungan lasnya kuat agar mampu menahan drum yang berisi air.

3.3.3 Pemasangan

Pompa hidram merupakan alat yang medianya menggunakan fluida, untuk itu pemasangan komponen-komponennya harus rapat agar saat pompa digunakan tidak terdapat kebocoran. Berikut adalah urutan pemasangan pompa hidram:

- a. Pemasangan komponen drum
 1. Letakkan drum diatas rangka besi
 2. Pasang katup PVC 2 inchi pada dobel nepel.
 3. Pasang sok PVC yang di sambung dengan pipa ukuran 2 inchi.
 4. Kencangkan baut pada *flange* pada pipa penghantar
- b. Pemasangan komponen pompa
 1. Pasang bantalan yang berada di shaft klep buang.
 2. Pastikan semua komponen dari pengerjaan tadi sudah terpasang semua. Seperti klep buang, klep tekan, tabung kompresi.
 3. Pastikan kondisi pompa sejajar atau level pada tanah. Karena jika miring beberapa cm mampu menghambat dari kestabilan dari katup yang berada pada klep buang.
- c. Pemasangan akhir

1. Pasang pipa PVC 2 inchi sepanjang 8 meter pada sok PVC 2 inchi yang terpasang pada katup drum.
2. Pasang pipa PVC tersebut pada sok PVC 2 inchi yang terpasang pada pompa hidram sehingga drum dan pompa terhubung satu sama lain.
3. Pasang pipa PVC 1 inchi pada sok yang terpasang pada pompa listrik dan arahkan pipa tersebut ke dalam drum sehingga sisi *outlet* pompa listrik mengarah ke dalam drum.

3.3.4 Pengecekan

Pada tahap ini dilakukan pengerjaan akhir benda kerja berupa pembersihan serta pengecekan dari hasil pemasangan. Pengecekan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Periksa apakah benda kerja sudah terbebas dari kotoran atau partikal lain yang tidak di butuhkan.
2. Periksa apakah ukuran-ukuran benda kerja sudah sesuai dengan rencana semula.
3. Periksa apakah sambungan-sambungan sudah tepat dan tidak terjadi kebocoran.
4. Periksa dudukan dari pompa hidram apakah sudah level dan sejajar dengan tanah. Agar shaft pada klep buang bisa tegak lurus.
5. Pipa inlet yang tersambung ada kebocoran atau tidak, agar angin tidak bisa masuk.
6. Penampungan air/drum harus berisi air yang volumenya stabil.
7. Pastikan jangan ada angin yang masuk kedalam badan pompa hidram.

8. Drum air tidak ada sampah.

3.4 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui hasil pembuatan alat, sehingga dapat dikatakan alat tersebut sesuai dengan yang direncanakan atau tidak. Pada tahap ini dilakukan beberapa pengujian, yaitu :

- a. Klep buang

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap klep buang apakah dapat membuka/menutup atau tidak. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan berapa jarak antar bantalan untuk mengetahui air yang keluar melalui klep buang bisa diatur sesuai dengan jarak bantalan yang berada pada ass/shaft di klep buang. Pastikan klep stabil naik turun.

1. Pastikan air yang terbuang dari drum harus melewati klep buang.
2. Buka katup pada drum sehingga air mengalir ke pompa hidram.
3. Mainkan ass/shaft yang terdapat pada klep buang secara manual. Jika ass ditarik ke atas air yang keluar dari klep buang akan berhenti. Begitu sebaliknya jika ass di tekan kebawah, air yang akan keluar dari klep buang akan terbuang banyak.
4. Pastikan setelah dimainkan secara manual ass/shaft bisa bekerja secara sendiri naik turun dengan stabil.
5. Setelah semuanya stabil tahap pengujian dari klep buang berjalan secara lancar.
6. Jika ass gerakannya mulai melambat, buka katup yang berada pada tangka kompresi untuk mengeluarkan airnya.

b. Pipa penyalur

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap ketinggian pipa penyalur apakah pompa dapat memompa air atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menentukan ketinggian maksimal pipa penyalur. Jika pompa dapat memompa air hingga ketinggian yang telah ditentukan tersebut artinya pompa sudah sesuai dengan rancangan. Sedangkan jika pompa tidak mampu memompa hingga ketinggian maksimal yang ditentukan maka ketinggian pipa penyalur harus dikurangi hingga didapat ketinggian maksimal yang mampu dipompa oleh pompa hidram. Tahapan proses pengujian ketinggian pipa penyalur adalah sebagai berikut :

1. Pastikan drum sudah terisi dengan volume air yang ditentukan.
2. Buka katup drum sehingga air akan mengalir masuk kedalam pompa hidram.
3. Periksa ass pada klep buang apakah dapat bekerja atau tidak. Ass bekerja secara naik dan turun.
4. Tunggu beberapa saat sampai tabung kompresi terasa penuh.
5. Jika ass pada klep buang sudah mulai melambat, buka klep pada tabung kompresi.
6. Jika air bisa keluar pada ketinggian maksimal, berarti pompa hidram bisa bekerja dengan baik.
7. Jangan sampai drum airnya sampai habis. Supaya tidak ada angin yang masuk.
8. Naikan ass pada katup buang lalu, tutup katup pada drum / inlet.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pendahuluan

Pengukuran debit pompa hidram dilakukan dengan menentukan beberapa variasi ketinggian permukaan air keluar dimana pada setiap ketinggian dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali percobaan dengan waktu pengukuran masing-masing 48 menit. Ketinggian permukaan sumber air yang digunakan pada saat pengukuran adalah 3,16 meter, sedangkan ketinggian pipa penyalur yang telah ditentukan yaitu 4,25 ; 5,5 ; 6,75 ; 8 meter dengan rincian data sebagai berikut:

- a. Ketinggian permukaan sumber air keluar yang digunakan adalah 3,16 meter. Sedangkan ketinggian *outlet* pompa/ pipa penyalur menyalurkan air pada ketinggian adalah sebesar 4,25 ; 5,5 ; 6,75 ; 8 meter untuk melihat data ketinggian lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Ketinggian masing-masing individu

No.	Nama Mahasiswa	Ketinggian Pipa Penyalur (meter)
1	Afif Iskayana Zainullah	4,25
2	Lukman Parulian S	5,5
3	Firas Bungsu	3,75
4	Vicki Nurrisyky	8

- b. Pipa penghantar menggunakan pipa 2 inchi dengan panjang 8 meter dengan sudut 15°.

- c. Pipa penyalur yang digunakan ukurannya sebesar 0,5 inci.
- d. Berat bandul masing-masing yang digunakan yaitu : Bandul 1 = 143 gram, Bandul 2 = 160 gram, Bandul 3 = 170 gram, Bandul 4 = 180 gram.
- e. Setiap ketinggian dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali, dimana dalam satu kali pengukuran dilakukan pada rentang waktu 1 menit sekali, setiap 1 menit sekali, bandul dirubah untuk mengganti ukuran bandul yang lain.

4.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada tinggi permukaan sumber air 3,16 Meter dengan tinggi permukaan air keluar. (Tabel 4.2) Dimana setiap ketinggian dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali dengan masing-masing 48 kali pengukuran debit.

Tabel 4.2 Rata - rata hasil percobaan

Berat Bandul	1,25 meter		2,5 meter		3,75 meter		5 meter	
	Q. Limbah (LPM)	Q. Hasil (LPM)						
143 gram	80,666	10	86	7,333	87,333	5,8	89,333	4,666
160 gram	79,666	8,666	79,666	5	82,666	4	83	3
170 gram	75	7,666	75	4,5	74	3,666	80	3
180 gram	72,333	6	72,333	4	72	3	71	2

Pengambilan data ini dilakukan oleh empat orang, dimana setiap orang memegang tugas masing-masing, yaitu dua orang bertugas menjaga ketinggian permukaan sumber air, satu orang mengamati dan mengambil data, dan orang yang terakhir menjaga kondisi instalasi pompa hidram agar tetap berjalan dengan baik. Pada proses pengambilan data ini perlu diperhatikan beberapa hal meliputi waktu

pemompaan dan jumlah debit yang dihasilkan pompa dalam setiap ketinggian yang telah ditentukan.

Prosedur pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Isi air pada drum hingga ketinggian 3,16 meter
- b. Buka katup drum agar air mengalir masuk kedalam pompa hidram
- c. Tunggu beberapa saat hingga air keluar dari pipa penyalur dan mengalir dengan stabil
- d. Lakukan pergantian bandul yang pertama dengan berat 143 gram. Setelah air keluar, tunggu hingga 1 menit, dan amati beberapa volume air yang masuk kedalam tandon air debit hasil dan tandon air debit limbah dan tulis hasil pengamatan tersebut pada lembar pengamatan.
- e. Lakukan pergantian bandul yang kedua dengan berat 160 gram. Mainkan naik turun dan jika sudah stabil tunggu hingga 1 menit , dan amati berapa volume air yang masuk kedalam tandon air debit hasil dan tandon air debit limbah dan tulis hasil pengamatan tersebut pada lembar pengamatan.
- f. Lakukan pergantian bandul yang ketiga dengan berat 170 gram. Mainkan naik turun dan jika sudah stabil tunggu hingga 1 menit , dan amati berapa volume air yang masuk kedalam tandon air debit hasil dan tandon air debit limbah dan tulis hasil pengamatan tersebut pada lembar pengamatan.
- g. Lakukan pergantian bandul yang keempat dengan berat 180 gram. Mainkan naik turun dan jika sudah stabil tunggu hingga 1 menit , dan amati berapa volume air yang masuk kedalam tandon air debit hasil dan

tandon air debit limbah dan tulis hasil pengamatan tersebut pada lembar pengamatan.

- h. Ulangi langkah-langkah diatas hingga 3 kali pada setiap variasi ketinggian.

4.3 Hasil Percobaan

Dari hasil pengambilan data pada ketinggian permukaan air keluar 3,16 Meter diperoleh nilai debit air yang dihasilkan pompa hidram sebanyak 4 data pengukuran. Setiap data didapatkan dari hasil pengukuran debit dalam waktu 1 menit sekali,. Dari beberapa kali pengukuran tersebut dapat diketahui besarnya perbandingan yang terjadi sehingga dapat diketahui pula karakteristik pompa hidram yang telah dibuat. Hasil dari pengambilan data tersebut disajikan dalam bentuk tabel untuk selanjutnya dihitung efisiensi yang dihasilkan pompa hidram pada setiap ketinggian permukaan air keluar menggunakan rumus/persamaan 1.

4.3.1 Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter

Pada pengukuran dengan ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter kinerja klep buang terlihat stabil dengan kecepatan pemompaan berjalan konstan dan tidak tersendat – sendat. Aliran air yang di hasilkan cukup besar dan lancar sehingga pengukuran debit limbah maupun debit hasil mudah dilakukan. Selain itu air dalam drum terus di pasok secara rutin sehingga ketinggian permukaan air pada drum terjaga pada level 3,16 meter. Pemasokan air pada drum dilakukan dengan tujuan agar debit air yang masuk kedalam pompa hidram tetap stabil sehingga kinerjanya pun akan stabil dan data yang di dapatkan juga akurat.

Hasil pengukuran debit pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran debit pada tinggi permukaan air keluar 4,25 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
143 gram	11	9	10	80	81	81
160 gram	8	9	9	79	80	80
170 gram	8	7	8	76	74	75
180 gram	6,5	5,5	6	71	73	73

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengukuran debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian permukaan keluar 4,25 meter dalam rentang waktu 1 menit sekali, dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pada percobaan 1 dan percobaan 2 cenderung berbeda.

4.3.2 Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter

Pada pengukuran dengan ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter kinerja klep buang terlihat stabil dengan kecepatan pemompaan berjalan konstan dan tidak tersendat – sendat. Aliran air yang dihasilkan cukup besar dan lancar sehingga pengukuran debit limbah maupun debit hasil mudah dilakukan. Selain itu air dalam drum terus dipasok secara rutin sehingga ketinggian permukaan air pada drum terjaga pada level 3,16 meter. Pemasokan air pada drum dilakukan dengan tujuan agar debit air yang masuk kedalam pompa hidram tetap stabil sehingga kinerjanya pun akan stabil dan data yang didapatkan juga akurat.

Hasil pengukuran debit pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil pengukuran debit pada tinggi permukaan air keluar 5,5 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
143 gram	7	8	7	84	87	87
160 gram	5	5	5	76	82	81
170 gram	5	4,5	4	76	76	73
180 gram	4	4	4	72	75	70

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian permukaan keluar 5,5 meter dalam rentang waktu 1 menit sekali, dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pada percobaan 1, percobaan 2 dan 3 cenderung sama.

4.3.3 Hasil Pengukuran Pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter

Pada pengukuran dengan ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter kinerja klep buang terlihat stabil dengan kecepatan pemompaan berjalan konstan dan tidak tersendat – sendat. Aliran air yang dihasilkan cukup besar dan lancar sehingga pengukuran debit limbah maupun debit hasil mudah dilakukan. Selain itu air dalam drum terus dipasok secara rutin sehingga ketinggian permukaan air pada drum terjaga pada level 3,16 meter. Pemasokan air pada drum dilakukan dengan tujuan agar debit air yang masuk kedalam pompa hidram tetap stabil sehingga kinerjanya pun akan stabil dan data yang di dapatkan juga akurat.

Hasil pengukuran debit pada ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran pada ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
143 gram	6	6,4	5	86	88	88
160 gram	4	4	4	80	84	84
170 gram	3	4	4	72	75	75
180 gram	3	3	3	70	74	72

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengukuran debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian permukaan keluar 6,75 meter dalam rentang waktu 1 menit sekali, dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai debit hasil dan debit limbah yang di hasilkan pada percobaan 1 dan percobaan 2 cenderung berbeda.

4.3.4 Hasil Pengukuran pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter

Pada pengukuran dengan ketinggian permukaan air keluar 8 meter kinerja klep buang terlihat stabil dengan kecepatan pemompaan berjalan konstan dan tidak tersendat – sendat. Aliran air yang di hasilkan cukup besar dan lancar sehingga pengukuran debit limbah maupun debit hasil mudah dilakukan. Selain itu air dalam drum terus di pasok secara rutin sehingga ketinggian permukaan air pada drum terjaga pada level 3,16 meter. Pemasokan air pada drum dilakukan dengan tujuan agar debit air yang masuk kedalam pompa hidram tetap stabil sehingga kinerjanya pun akan stabil dan data yang di dapatkan juga akurat.

Hasil pengukuran debit pada ketinggian permukaan air keluar 8 meter dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil pengukuran pada ketinggian permukaan air keluar 8 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
143 gram	4	5	5	88	90	90
160 gram	3	3	3	82	83	84
170 gram	3	3	3	80	80	81
180 gram	2	2	2	70	71	72

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengukuran debit hasil dan debit limbah yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian permukaan keluar 8 meter dalam rentang waktu 1 menit sekali, dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa nilai debit hasil dan debit limbah yang di hasilkan pada percobaan 1 dan percobaan 2 cenderung berbeda.

4.3.5 Hasil Pengukuran Rata – rata dari 4 Ketinggian Permukaan Air Keluar

Pada pengukuran dengan 4 ketinggian permukaan air keluar kinerja klep buang tetap terlihat stabil. Namun semakin tinggi ketinggian permukaan air keluar, debit hasil yang dihasilkan semakin kecil pula. Untuk melihat rata-rata dari 3 percobaan yang dilakukan bisa dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Rata-rata hasil pengukuran dari 3 percobaan

Berat Bandul	1,25 meter		2,5 meter		3,75 meter		5 meter	
	Q. Limbah (LPM)	Q. Hasil (LPM)						
143 gram	80,666	10	86	7,333	87,333	5,8	89,333	4,666
160 gram	79,666	8,666	79,666	5	82,666	4	83	3
170 gram	75	7,666	75	4,5	74	3,666	80	3
180 gram	72,333	6	72,333	4	72	3	71	2

4.4 Perhitungan Efisiensi

Perhitungan efisiensi dilakukan untuk mengetahui tingkat efektifitas kinerja pompa hidram dalam setiap siklus kerjanya. Perhitungan efisiensi ini sangat berhubungan erat dengan dua faktor penting, yaitu debit dan ketinggian permukaan air. Maka dari itu, perhitungan efisiensi pompa hidram ini dilakukan berdasarkan masing-masing ketinggian permukaan air keluar setelah di uji

Perhitungan efisiensi pompa dilakukan menggunakan metode D'Aubuisson dengan rumus/persamaan berikut⁵ :

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q)H}$$

dimana:

η = efisiensi pompa hidram, (%)

q = debit hasil, (meter³/detik)

Q = debit limbah, (meter³/detik)

h = head keluar, (meter)

⁵ Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy Y., *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*, 2012 hal 273

H = head masuk, (meter)

Untuk menghitung efisiensi pompa hidram menggunakan rumus/persamaan 1, terlebih dahulu harus diketahui besarnya debit air yang dihasilkan oleh pompa hidram pada setiap ketinggian permukaan air keluar. Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan data debit air rata-rata yang dihasilkan pompa hidram setiap ketinggian permukaan air keluar.

4.4.1 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 1

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter dengan bandul 1 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 10 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 80,6 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{10 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00017 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{80,6 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,00134167 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00017 (3,16 + 0,89)}{(0,00134167 + 0,00017) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,00070}{0,0048}$$

$$\eta = 0,14136 \times 100\%$$

$$\eta = 14,136\%$$

4.4.2. Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 2

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter dengan bandul 2 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 8,6 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 79,66 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{8,6 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00014 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{79,66 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,001327 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{0,00014 (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00014 (3,16 + 0,89)}{(0,001327 + 0,00014) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0006}{0,0047}$$

$$\eta = 0,12575 \times 100\%$$

$$\eta = 12,575 \%$$

4.4.3 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 3

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter dengan bandul 3 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 7,66 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 75 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

- a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{7,66 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00013 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

- b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{75 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,00125 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00013 (3,16 + 0,89)}{(0,00125 + 0,00013) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0005}{0,0044}$$

$$\eta = 0,11887 \times 100\%$$

$$\eta = 11,877 \%$$

4.4.4 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 4,25 meter Bandul 4

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter dengan bandul 4 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 6 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 72,33 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{6 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,0001 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{72,33 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0012 \text{ meter}^3/\text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,0001 (3,16 + 0,89)}{(0,0012 + 0,0001) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0041}$$

$$\eta = 0,098169 \times 100\%$$

$$\eta = 9,8169 \%$$

4.4.5 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 1

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 1 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 7,333 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 86 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{7,333 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00012 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{86 \text{ liter}/\text{menit}}{1000 \text{ liter}/\text{meter}^3}$$

$$Q = 0,001433 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00012 (3,16 + 2,14)}{(0,001433 + 0,00012) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0006}{0,0049}$$

$$\eta = 0,13178 \times 100\%$$

$$\eta = 13,178\%$$

4.4.6. Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 2

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 2 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 5 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 79,667 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{5 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000083 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{79.667 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0013278 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00013278 (3,16 + 2,14)}{(0,001425 + 0,000083) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0045}$$

$$\eta = 0,099048 \times 100\%$$

$$\eta = 9,9048\%$$

4.4.7 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 3

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 3 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 4,5 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 75 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{4,5 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000075 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{75 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0013277 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000075 (3,16 + 2,14)}{(0,0013277 + 0,000075) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0042}$$

$$\eta = 0,94343 \times 100\%$$

$$\eta = 9,4343\%$$

4.4.8 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 5,5 meter Bandul 4

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 4 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 4 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 72,333 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik

agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{4 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000067 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{72.333 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0.00125 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000067 (3,16 + 2,14)}{(0,00125 + 0,000067) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0041}$$

$$\eta = 0,87128 \times 100\%$$

$$\eta = 8.7128 \%$$

4.4.9 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 1

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter dengan bandul 1 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 5,8 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 87,33 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi,

terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut:

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{5.8 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000097 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{87.33 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0014556 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000097 (3,16 + 3.39)}{(0,0014556 + 0,000097) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0006}{0,0049}$$

$$\eta = 0,12909 \times 100\%$$

$$\eta = 12,909\%$$

4.4.10 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 2

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 2 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 4 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit

limbah sebesar 82,667 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{4 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000067 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{82.667 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,001377783 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{0,000067 (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000067(3,16 + 3,39)}{(0,001377783 + 0,000067) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0046}$$

$$\eta = 0,095667 \times 100\%$$

$$\eta = 9,5667\%$$

4.4.11 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 3

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 3 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q

diambil dari nilai debit hasil sebesar 3,5 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 74 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{3,5 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000058 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{74 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,00123333 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa

hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000058 (3,16 + 3,39)}{(0,0012333 + 0,000058) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,00405}$$

$$\eta = 0,094422 \times 100\%$$

$$\eta = 9,4422\%$$

4.4.12 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 6,75 meter Bandul 4

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 4 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 3 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 72 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

- a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{3 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00005 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

- b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{72 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0012 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00005 (3,16 + 3,39)}{(0,0012 + 0,00005) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0003}{0,00402}$$

$$\eta = 0,081464 \times 100\%$$

$$\eta = 8,1464\%$$

4.4.13 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 1

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 1 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 4,667 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 89,333 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{4,667 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000078 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{89,333 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,0014889 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000078 (3,16 + 4,64)}{(0,0014889 + 0,000078) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0006}{0,00495}$$

$$\eta = 0,012255 \times 100\%$$

$$\eta = 12,255\%$$

4.4.14 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 2

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 2 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 3 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 83 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{3 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00005 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{83 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,001383333 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00005 (3,16 + 4,64)}{(0,001383333 + 0,00005) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0004}{0,0045}$$

$$\eta = 0,086105 \times 100\%$$

$$\eta = 8,6105 \%$$

4.4.15 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 3

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 3 dapat dihitung menggunakan rumus/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 3 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debit limbah sebesar 80,333 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut :

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

- a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{3 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,00005 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

- b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{80,333 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,00133888 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,00005 (3,16 + 4,46)}{(0,00133888 + 0,00005) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0003}{0,0044}$$

$$\eta = 0,074498 \times 100\%$$

$$\eta = 7,4498\%$$

4.4.16 Efisiensi pada Ketinggian Permukaan Air Keluar 8 meter Bandul 4

Efisiensi pompa hidram pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter dengan bandul 4 dapat dihitung menggunakan rumu/persamaan 1 dengan nilai q diambil dari nilai debit hasil sebesar 2 liter/menit dan nilai Q diambil dari nilai debitt limbah sebesar 71 liter/menit. Sebelum melakukan perhitungan efisiensi, terlebih dahulu satuan debit (liter/menit) dikonversi menjadi satuan meter³/detik agar sesuai dengan rumus/persamaan 1, sehingga rincian perhitungannya adalah sebagai berikut:

Konversi satuan liter/menit menjadi meter³/detik:

- a. Debit hasil (q)

$$q = \frac{2 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$q = 0,000033 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

- b. Debit limbah (Q)

$$Q = \frac{71 \text{ liter/menit}}{1000 \text{ liter/meter}^3}$$

$$Q = 0,00118333 \text{ meter}^3 / \text{detik}$$

Setelah satuan q dan Q dikonversi, selanjutnya efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{q (H + h)}{(Q + q) H}$$

$$\eta = \frac{0,000033 (3,16 + 4,64)}{(0,00118333 + 0,000033) 3,16}$$

$$\eta = \frac{0,0003}{0,0038}$$

$$\eta = 0,067626 \times 100\%$$

$$\eta = 6,7626\%$$

4.5 Evaluasi

Setelah melakukan perhitungan efisiensi pompa hidram pada masing-masing ketinggian permukaan air keluar berdasarkan debit yang dihasilkan, didapat nilai efisiensi sebagai berikut:

4.5.1 Efisiensi pada ketinggian permukaan air keluar 4,25 meter:

- 1) Bandul 143 gram = 14,136 %
- 2) Bandul 160 gram = 12,575 %
- 3) Bandul 170 gram = 11,887 %
- 4) Bandul 180 gram = 9,8169 %

4.5.2 Efisiensi pada ketinggian permukaan air keluar 5,5 meter:

- 1) Bandul 143 gram = 13,178 %
- 2) Bandul 160 gram = 9,9048 %
- 3) Bandul 170 gram = 9,4343 %
- 4) Bandul 180 gram = 8,1464 %

4.5.3 Efisiensi pada ketinggian permukaan air keluar 6,75 meter:

- 1) Bandul 143 gram = 12,909 %
- 2) Bandul 160 gram = 9,5667 %
- 3) Bandul 170 gram = 9,4422 %

4) Bandul 180 gram = 8,1464 %

4.5.4 Efisiensi pada ketinggian permukaan air keluar 8 meter:

1) Bandul 143 gram = 12,255 %

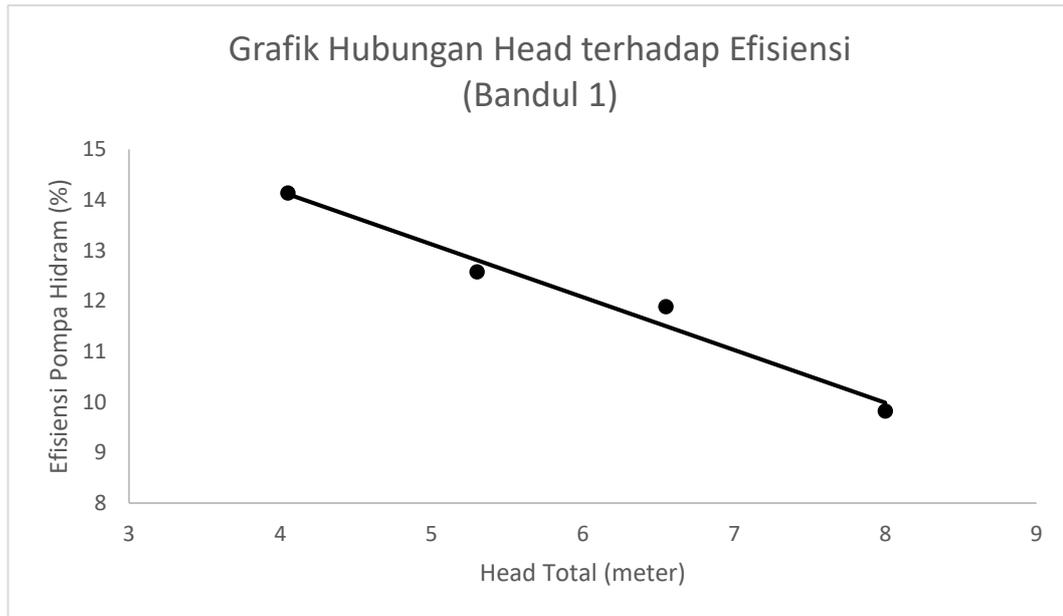
2) Bandul 160 gram = 8,6105 %

3) Bandul 170 gram = 7,4498 %

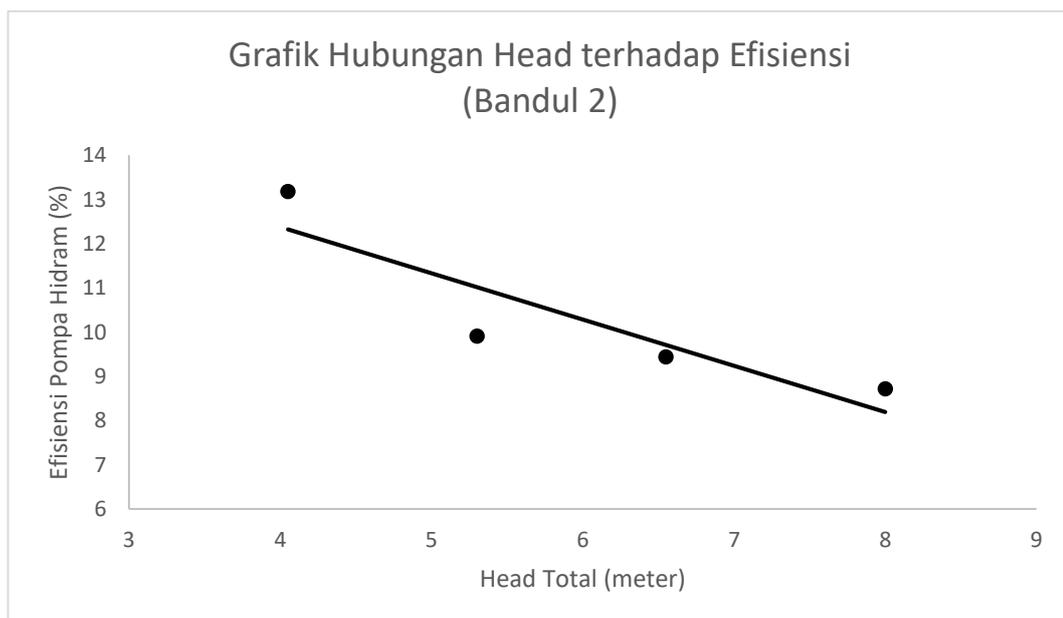
4) Bandul 180 gram = 6,7626 %

Berdasarkan nilai tersebut dilihat bahwa permukaan air keluar dengan tinggi 4,25 meter yang memiliki efisiensi tertinggi yaitu dengan menggunakan bandul 143 gram sebesar 14,136 %, sedangkan permukaan air keluar dengan tinggi 5,5 meter yang memiliki efisiensi tertinggi yaitu dengan menggunakan bandul 143 gram sebesar 13,178 %. Permukaan air keluar dengan tinggi 6,75 meter yang memiliki efisiensi tertinggi yaitu dengan menggunakan bandul 143 gram sebesar 12,909 %. Permukaan air keluar dengan tinggi 8 meter yang memiliki efisiensi tertinggi yaitu dengan menggunakan bandul 143 gram sebesar 12,255 %. Dari data-data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi permukaan air keluar, efisiensi yang di hasilkan semakin rendah dan semakin rendah permukaan air keluar, efisiensi yang dihasilkan pompa hidram semakin tinggi pula. Dari keempat bandul yang dibandingkan, bandul yang paling ringan 143 gram menghasilkan efisiensi yang paling besar.

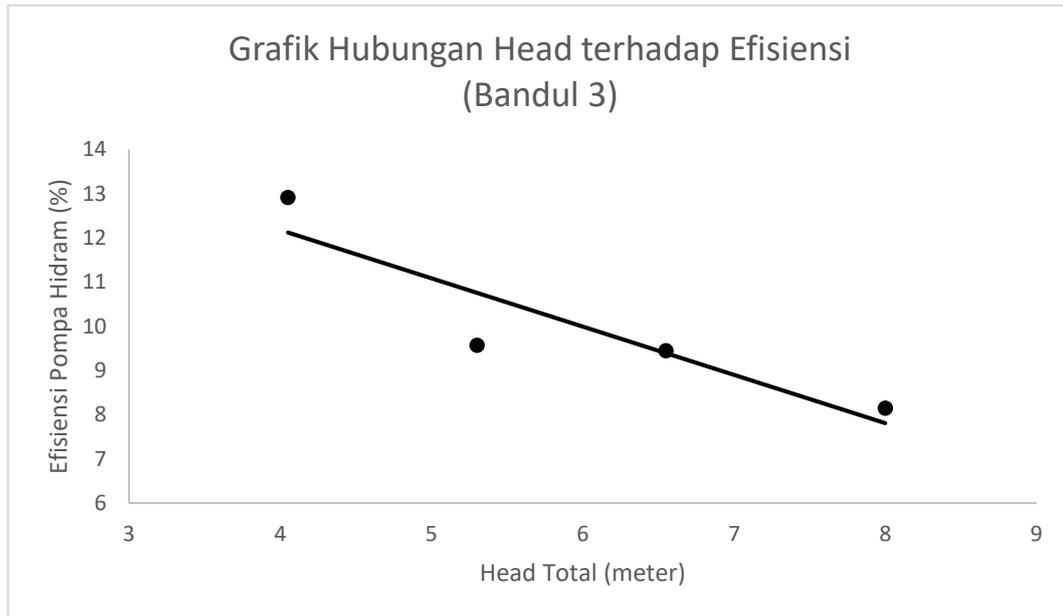
Hal tersebut mengindikasikan bahwa tinggi rendahnya permukaan air keluar dan berat bandul sangat mempengaruhi kinerja maupun efisiensi pompa hidram. Perbedaan antara head dengan efisiensi yang terjadi pada setiap ketinggian permukaan air keluar dapat dilihat dalam grafik hubungan antara head terhadap efisiensi pompa hidram seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



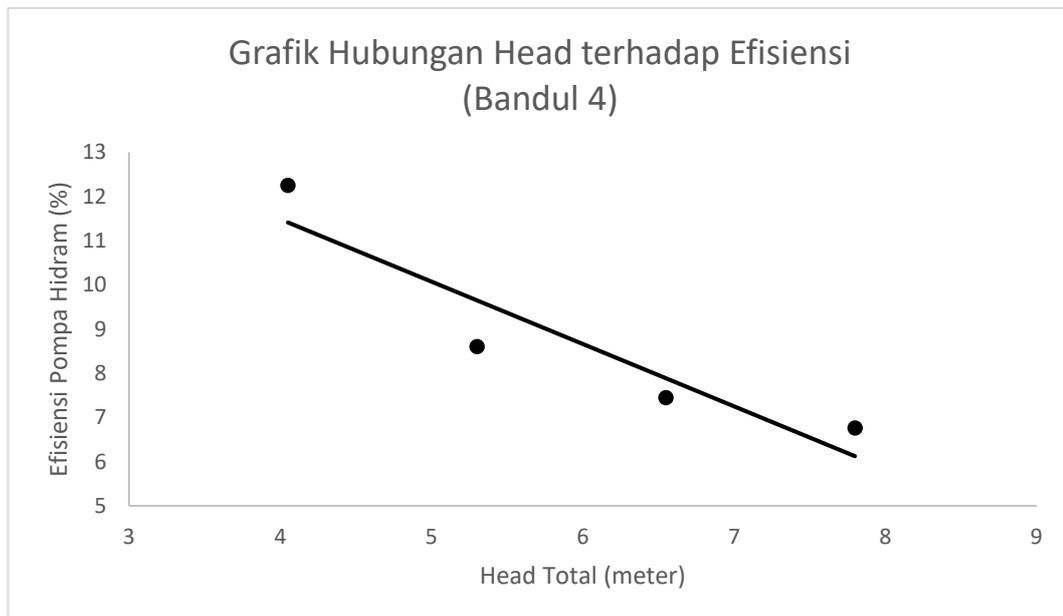
Gambar 4.1 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 143 gram)



Gambar 4.2 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 160 gram)



Gambar 4.3 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 170 gram)

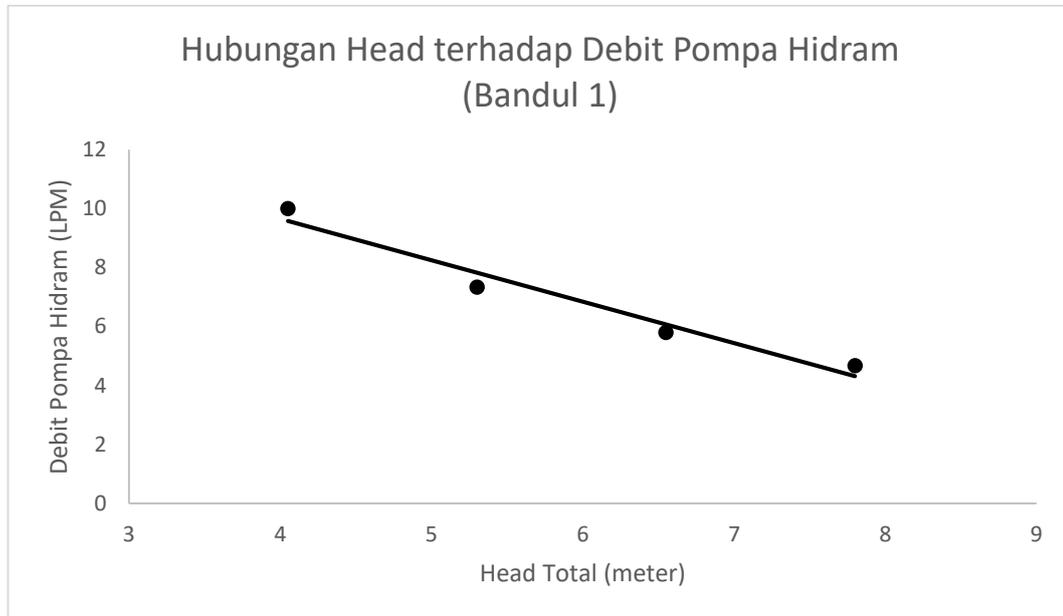


Gambar 4.4 Grafik hubungan head terhadap efisiensi (bandul 180 gram)

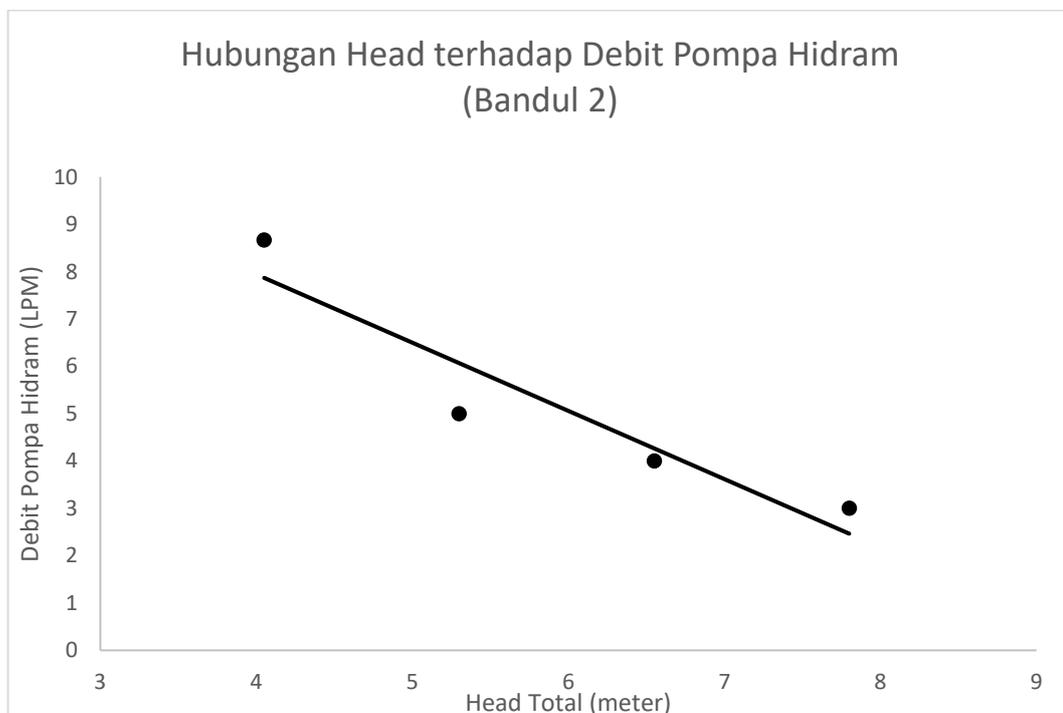
Gambar di atas menunjukkan hubungan antara ketinggian permukaan air keluar terhadap efisiensi pompa hidram. Pada grafik terlihat penurunan efisiensi terjadi

secara konstan, hal ini menunjukkan bahwa kinerja pompa hidram pada setiap ketinggian berjalan konstan sehingga tidak terjadi perbedaan yang signifikan.

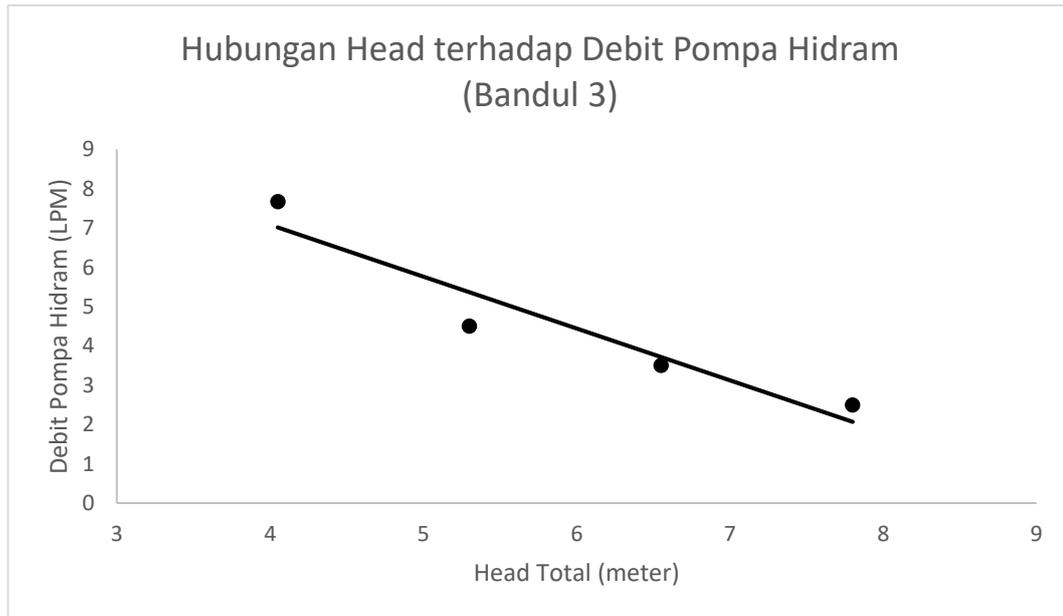
Perbedaan antara head terhadap debit pompa hidram, dibawah ini :



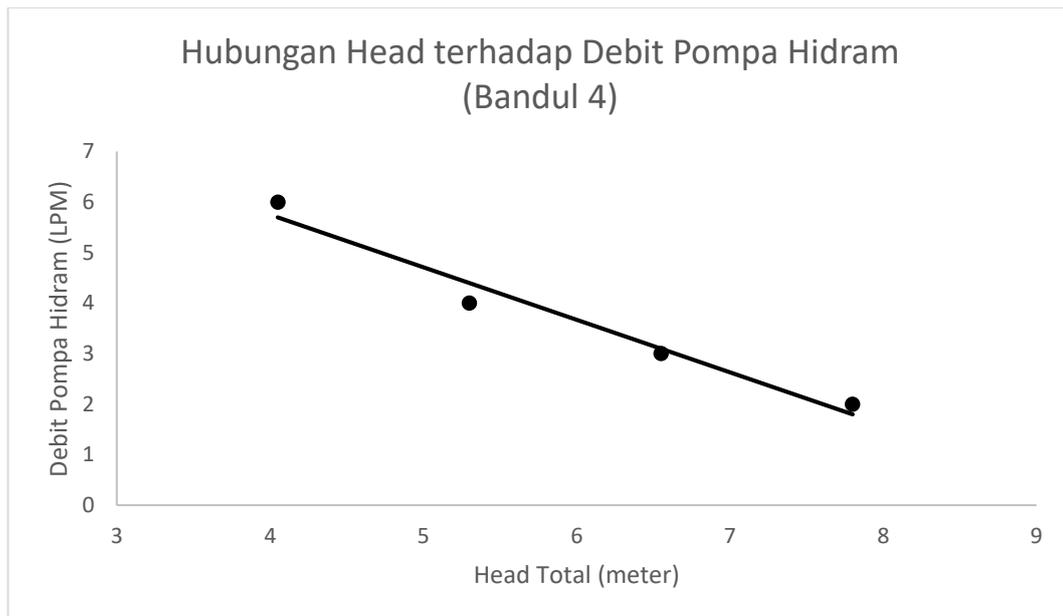
Gambar 4.5 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 143 gram)



Gambar 4.6 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 160 gram)



Gambar 4.7 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 170 gram)



Gambar 4.8 Grafik hubungan head terhadap debit (bandul 180 gram)

Grafik di atas menunjukkan hubungan antara head terhadap debit yang dihasilkan pompa hidram. Grafik tersebut menunjukkan bahwa debit pompa hidram semakin menurun seiring dengan semakin tingginya permukaan air keluar. Hal ini

sama seperti yang terjadi pada efisiensi, sehingga dapat disimpulkan bahwa efisiensi pompa hidram selalu berbanding lurus dengan debit yang dihasilkan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penyusunan tugas akhir dengan judul Rancang Bangun dan Pengukuran Debit Pompa Hidram pada Ketinggian Pipa Penyalur 4,25 meter dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Semakin tinggi pipa penyalur, debit air yang dihasilkan pompa semakin kecil dan jika semakin rendah pipa penyalur, maka debit air yang dihasilkan pompa hidram semakin besar.
- b. Efisiensi pompa hidram selalu berbanding lurus dengan debit yang dihasilkan.
- c. Efisiensi tertinggi terjadi pada berat bandul 143 gram sebesar 14,136 % dengan debit hasil 10 liter/menit.

5.2 Saran

- a. Pada saat pengujian pompa hidram sebaiknya ketinggian permukaan sumber air diperhatikan dan dijaga pada ketinggian tertentu agar kinerja pompa hidram tetap stabil.
- b. Dalam pembuatan pompa hidram sebaiknya memperhatikan faktor-faktor penting yang mempengaruhi kinerja pompa hidram tersebut (Lokasi kerja pompa hidram, besar pipa, ukuran pompa hidram).

DAFTAR PUSTAKA

Chandrika, M., 2014, *Rancang Bangun dan Pengukuran Debit Pompa Hidram pada Ketinggian Permukaan Sumber Air 0,3 meter dengan Sudut Kemiringan Pipa Penghantar 0°*. Universitas Diponegoro, Semarang.

Dharma, S., 2013, *Rancang Bangun Pompa Hidraulik Ram (Hidram)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Godavari Sugar Mills Ltd., 2007, *Hydram Pumps*. Sameerwadi, Karnataka.

Suroso, Priyantoro, D. dan Krisandy, Y., 2012, *Pembuatan dan Karakterisasi Pompa Hidrolik pada Ketinggian Sumber 1,6 meter*. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir – BATAN & PT APB BATAN, Yogyakarta.

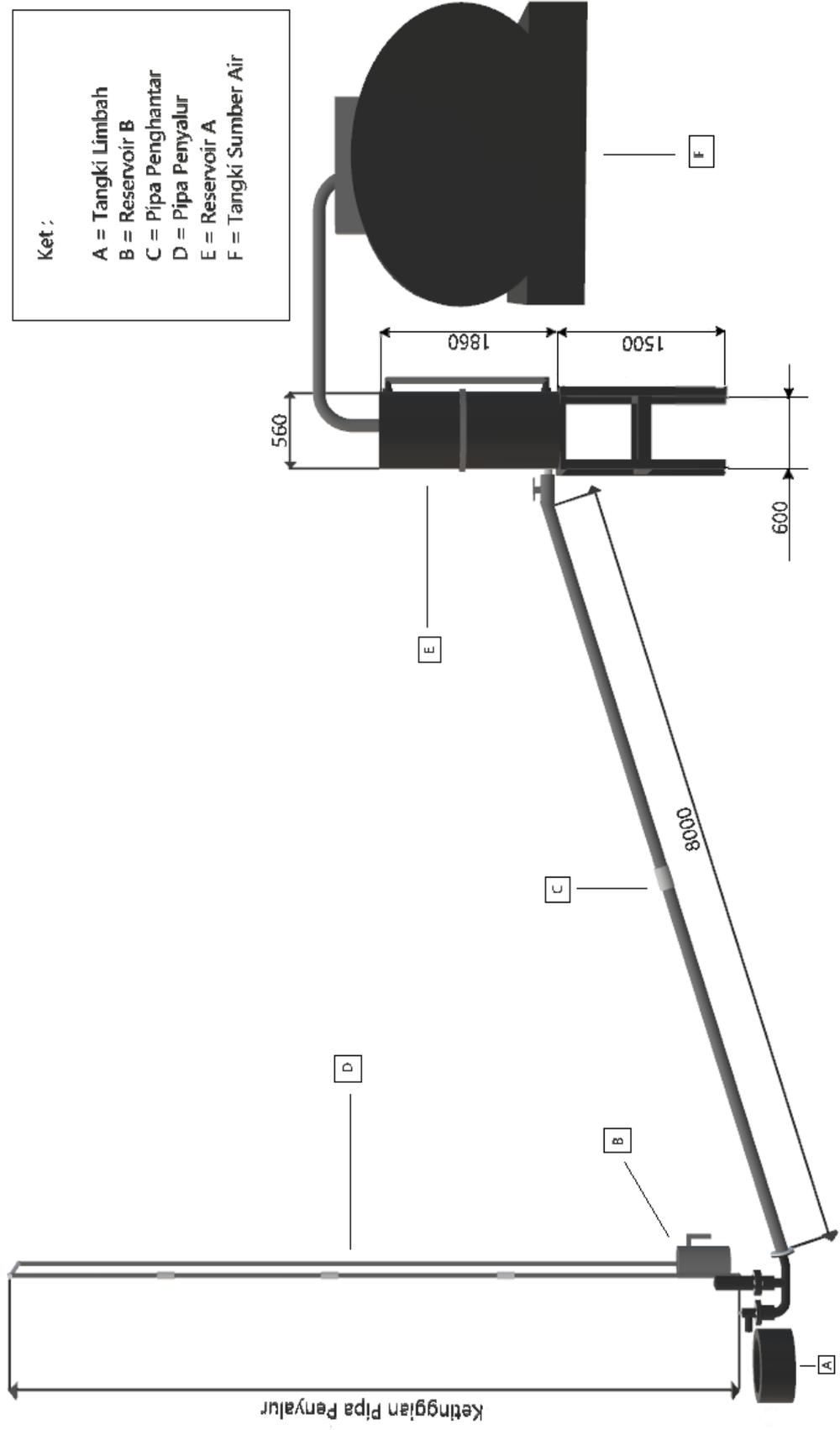
<http://www.kelair.bppt.go.id>, diunduh pada tanggal 03 April 2018

<http://www.lifewater.org/resources/rws4/rws4d5.html> diunduh pada tanggal 03

April 2018

LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar rancangan



Lampiran 2. Rancangan anggaran biaya

No	Macam Pengeluaran	Jumlah	Harga per Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1.	Pipa PVC ½”	20 meter	Rp. 27.500	Rp. 137.500
2.	Sock Pipa ½”	4 buah	Rp. 2.000	Rp. 8.000
3.	Elbow Pipa ½”	12 meter	Rp. 2.000	Rp. 6.000
4.	Double Nipel ½” Alumunium	2 buah	Rp. 10.000	Rp. 20.000
5.	Ball Valve ½” Alumunium	1 buah	Rp. 55.000	Rp. 55.000
6.	Drum	2 buah	Rp. 125.000	Rp. 250.000
7.	Gentong Merah	1 buah	Rp. 85.000	Rp. 85.000
8.	Pipa PVC 2”	16 meter	Rp. 50.000	Rp. 400.000
9.	Sock Pipa 2”	2 buah	Rp. 5.000	Rp. 10.000
10.	Kabel 3 x 0,75	2 meter	Rp. 8.000	Rp. 16.000
11.	Steker	1 buah	Rp. 10.000	Rp. 10.000
12.	Isolasi Hitam	1 buah	Rp. 6.000	Rp. 6.000
13.	Selotip Pipa	3 buah	Rp. 4.500	Rp. 13.500
14.	Rangka	-	Rp. 550.000	Rp. 550.000
15.	Gergaji besi + Gagang	1 buah	Rp. 41.000	Rp. 41.000
16.	Selang Bening 1”	2 meter	Rp. 18.000	Rp. 36.000
17.	Ball Valve 2” PVC	1 buah	Rp. 72.500	Rp. 72.500
18.	Selang air hose 2”	1 meter	Rp. 40.000	Rp. 40.000
19.	Klem kawat	2 buah	Rp. 12.500	Rp. 25.000
20.	Lem Kaca	1 buah	Rp. 29.000	Rp. 29.000
21.	Lem Besi	2 buah	Rp. 15.000	Rp. 30.000
22.	Lem Pipa	2 buah	Rp. 5.000	Rp. 10.000
23.	Flange Sock 2”	2 buah	Rp. 50.000	Rp. 100.000
24.	Mur 16 x 10	4 buah	Rp. 5.700	Rp. 22.800

25.	Ring	10 buah	Rp. 500	Rp. 5.500
26.	Rangkaian Pompa Hidram	-	Rp. 4.000.000	Rp. 4.000.000
27.	Proposal	2 buah	Rp. 20.000	Rp. 40.000
28.	Laporan	4 buah	Rp. 100.000	Rp. 400.000
Jumlah Total Biaya				Rp. 6.418.800

Lampiran 3. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 4,25 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Bandul 143 gram	11	9	10	80	81	81
Bandul 160 gram	8	9	9	79	80	80
Bandul 170 gram	8	7	8	76	74	75
Bandul 180 gram	6,5	5,5	6	71	73	73

Lampiran 4. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 5,5 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Bandul 143 gram	7	8	7	84	87	87
Bandul 160 gram	5	5	5	76	82	81
Bandul 170 gram	5	4,5	4	76	76	73
Bandul 180 gram	4	4	4	72	75	70

Lampiran 5. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 6,75 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Bandul 143 gram	6	6,4	5	86	88	88
Bandul 160 gram	4	4	4	80	84	84
Bandul 170 gram	3	4	4	72	75	75
Bandul 180 gram	3	3	3	70	74	72

Lampiran 6. Tabel hasil pengukuran pada ketinggian 8 meter

Berat Bandul	Debit Hasil (LPM)			Debit Limbah (LPM)		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
Bandul 143 gram	4	5	5	88	90	90
Bandul 160 gram	3	3	3	82	83	84
Bandul 170 gram	3	3	3	80	80	81
Bandul 180 gram	2	2	2	70	71	72

Lampiran 7. Tabel rata-rata hasil pengukuran 3 percobaan

Berat Bandul	1,25 meter		2,5 meter		3,75 meter		5 meter	
	Q. Limbah (LPM)	Q. Hasil (LPM)						
143 gram	80,666	10	86	7,333	87,333	5,8	89,333	4,666
160 gram	79,666	8,666	79,666	5	82,666	4	83	3
170 gram	75	7,666	75	4,5	74	3,666	80	3
180 gram	72,333	6	72,333	4	72	3	71	2