

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN POMPA *HYDRAM*
SEBAGAI PENGAIRAN PERTANIAN
DENGAN SISTEM TEKANAN HIDROSTATIS**



SUGENG TRI MARWANTO

16212011005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2022**

TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN POMPA *HYDRAM*
SEBAGAI PENGAIRAN PERTANIAN
DENGAN SISTEM TEKANAN HIDROSTATIS**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al-Gazali Cilacap.

SUGENG TRI MARWANTO

16212011005

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS NAHDLATUL ULAMA AL GHAZALI
CILACAP
2022**

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Sugeng Tri Marwanto

NIM : 16212011005

Fakultas/ Prodi : Fakultas Teknologi Industri/ Teknik Mesin

Tahun : 2022

Judul Skripsi : Rancang Bangun Pompa *Hydrum* Sebagai Pengairan
Pertanian dengan Sistem Tekanan Hidrostatik.

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini benar-benar orisinal/ asli dibuat oleh saya sendiri, tidak ada pihak lain yang membuat laporan ini, tidak ada unsur plagiat kecuali pada bagian yang disebutkan rujukannya. Jika suatu hari ditemukan adanya indikasi dibuat oleh pihak lain atau plagiat, maka saya bersedia menerima konsekuensi dari instansi.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran tanpa adanya paksaan.

Cilacap, 05 Maret 2022

Yang Menyatakan



Sugeng Tri Marwanto

NIM. 16212011005

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Sebagai Civitas Akademik Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA)
Cilacap, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sugeng Tri Marwanto
NIM : 16212011005
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas tugas akhir saya yang berjudul “Rancang Bangun Pompa *Hydrum* Sebagai Pengairan Pertanian dengan Sistem Tekanan Hidrostatik” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Adanya Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) berhak menyimpan, mengelola dalam database, merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap menyantumkan nama saya sebagai penulis pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada unsur paksa dari pihak lain.

Cilacap, 05 Maret 2022

Yang Menyatakan



Sugeng Tri Marwanto

NIM. 16212011005

PENGESAHAN

Tugas Akhir Saudara,

Nama : Sugeng Tri Marwanto
NIM : 16212011005
Judul : Rancang Bangun Pompa Hydram Sebagai Pengairan Pertanian Dengan Sistem Tekanan Hidrostatik

Telah disidang Tugas Akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Teknologi Industri Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap pada hari / tanggal :

Jum'at, 04 Maret 2022

Dan dapat diterima sebagai pemenuhan tugas akhir mahasiswa Program Strata 1 (S.1) Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri pada Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali (UNUGHA) Cilacap.

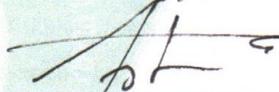
Mengetahui,

Penguji 1



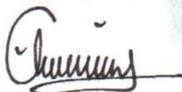
Rina Krisnayana, ST., MT.
NIDN. 0603048301

Penguji 2



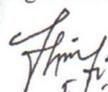
Fathurohman, ST., MT.
NIDN. 0609018102

Pembimbing 1/Ketua Sidang



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

Pembimbing 2/Sekretaris Sidang



Dhimas Oki Permata Aji, M.Pd.
NIDN. 0612109001

Cilacap, 05 Maret 2022

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknologi Industri



Christian Soolany, S.TP., M.Si.
NIDN. 0627128801

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan melimpahkan rahmat serta karunia-Nya, sehingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Pompa *Hydrum* Sebagai Pengairan Pertanian dengan Sistem Tekanan Hidrotastis”. Tugas Akhir ini merupakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Peneliti dengan setulus hati mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir. Ucapan terima kasih tersebut peneliti tunjukkan kepada:

1. Drs. KH Nasrulloh, M.H, selaku Rektor Universitas Nahdlatul Ulama Al Gahazali (UNUGHA) Cilacap, beserta seluruh jajaran civitass Akademika UNUGHA Cilacap.
2. Christian Soolany, S.TP., M.Si selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri dan sebagai pembimbing 1 yang telah membimbing dengan sabar meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk penyusunan tugas akhir ini.
3. Dhimas Oki Permata Aji, M.Pd selaku Kaprodi Teknik Mesin dan sebagai pembimbing 2 yang telah membimbing dengan sabar, meluangkan waktu, tenagam dan pikiran untuk penyusunan tugas akhir ini.
4. Rina Krisnayana, M.T. dan Fathurohman, ST., M.T. selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada penelitian ini.
5. Seluruh dosen Prodi Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan sebagai bekal penelitian sehingga penelitan dapat berjalan lancar.
6. Semua pihak yang telah menjadi bagian dari hari-hari penelitian dan teman- teman yang tidak bisa peneliti sebutkan satu persatu, terima kasih atasdukungan dan doa yang telah diberikan selama ini.

Akhir kata, semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat. Aamiin.

Cilacap, 05 Maret 2022

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'S' followed by a 'P' and a 'M'.

Penulis

MOTTO

“ Jadilah diri sendiri dan berguna bagi orang lain”

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT, karya sederhana ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tuaku Alm. Bapak Akhmad Nurwanto dan Ibu Wasilah yang senantiasa mendoakan, memberi dukungan dan materil dengan penuh kesabaran dan ketulusan.
2. Kakakku Agus Eko Laksono dan Istri, Yuni Ema Nurhayani dan Suami beserta keponakan-keponakanku serta semua saudara-saudaraku yang selalu mendoakan, memberikan dukungan moril ataupun materiil.
3. Yuwanda Meyriska Werdani, dan sahabat dan teman - temanku Mas Alwi, M.Zahiddin Aan, Viky, Said, Rizky, Mukri, Amir dkk yang senantiasa memberikan doa dan selalu menyemangatiku.
4. Almamater tercinta dan semua pihak yang telah membantu penelitian dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang menjadi faktor penting dalam kehidupan makhluk hidup. Selain memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia, air juga memiliki fungsi penting diberbagai faktor penunjang kehidupan manusia. Terdapat banyak kegiatan manusia yang kebutuhan utamanya adalah air. Salah satunya yaitu bertani, dimana air menjadi faktor utama untuk pertumbuhan tanaman. Terdapat banyak cara yang telah dilakukan untuk mengairi lahan pertanian. Salah satunya yaitu menggunakan pompa air pabrikan, namun cara tersebut kurang efisien karna biaya operasional yang mahal jika harus dioperasikan selama 24 jam, karena pompa tersebut menggunakan bahan bakar minyak atau listrik untuk sumber tenaga penggerakannya. Karena itu diperlukan suatu desain penelitian, perancangan, dan pembuatan alat yang diperkirakan mampu untuk mengangkat air dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi tanpa listrik dan bahan bakar. Salah satu teknologi tepat guna yang akan dirancang yaitu Pompa *hydram*. Pompa ini tidak membutuhkan *energi* dari luar pada pengoperasiannya. Berdasarkan rancangan pompa yang dibuat, pompa ini mampu mengangkat air hingga 8 meter dari sumber air, dan *debit* rata-rata air yang diangkat adalah 3,72 liter/menit, dengan efisiensi menurut persamaan D'aubuisson adalah 52,69%. Secara keseluruhan pembuatan dan biaya operasional pompa *hydram* sangat jauh lebih efisien dari pompa pabrikan yang membutuhkan listrik atau BBM.

Kata Kunci : Air, Pertanian, *Hydram*, Efisiensi, Teknologi Tepat Guna

ABSTRACT

Water is one of the natural resources that is an important factor in the life of living things. In addition to having an important role for human life, water also has an important function in various factors that support human life. There are many human activities whose main need is water. One of them is farming, where water is the main factor for plant growth. There are many ways that have been done to irrigate agricultural land. One of them is using a factory water pump, but this method is less efficient because of the high operational costs if it has to be operated for 24 hours, because the pump uses fuel oil or electricity for the source of its propulsion. Therefore, a research design, design, and manufacture of a tool is needed that is expected to be able to lift water from a low surface to a high surface without electricity and fuel. One of the appropriate technologies to be designed is the hydraulic ram pump. This pump does not require external energy to operate. Based on the design of the pump made, this pump is able to lift water up to 8 meters from the water source, and the average discharge of water lifted is 3.72 liters/minute, with efficiency according to D'aubuisson's equation is 52.69%. Overall the manufacture and operating costs of hydraulic ram pumps are much more efficient than factory pumps that require electricity or fuel.

Keywords: Water, Agriculture, Hydram, Efficiency, Appropriate Technology.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR.....	iii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	iv
PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I	
PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.5.1 Bagi Penelian.....	3
1.5.2 Bagi Institusi Pendidikan.....	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sejarah Pompa <i>Hydram</i>	4
2.2 Definisi Pompa <i>Hydram</i>	5
2.3 Komponen Utama Pompa <i>Hydram</i> Dan Fungsinya.....	6
2.4 Prinsip Kerja Pompa <i>Hydram</i>	9
2.5 Energi yang dibangkitkan pada Pompa <i>Hydram</i>	11
2.6 Tekanan Hidrostatik	13

2.7 Efisiensi Pompa <i>Hydrant</i>	13
BAB III	
METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.1.1 Waktu	14
3.1.2 Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	15
3.2.1 Rancangan Pompa	15
3.2.2 Uji Pompa.....	16
3.3 Metode Penelitian	17
3.3.1 Studi Literatur.....	17
3.3.2 Metode Visual	17
3.3.3 Metode Eksperimen.....	17
3.3.4 Konsultasi.....	17
3.4 Metode Pelaksanaan.....	17
3.4.1 Pencarian Data.....	17
3.4.2 Perencanaan Dan Perancangan.....	17
3.4.3 Proses Perakitan	17
3.4.4 Pengujian Pompa.....	18
3.4.5 Penyempurnaan Alat	18
3.4.6 Pembuatan Laporan.....	19
3.4.7 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.8 Uji Pompa.....	21
3.5 Pengamatan Hasil Uji.....	21
BAB IV	
PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	
4.1 Hasil Penelitian	23
4.1.1 Rancangan Badan Pompa.....	23
4.1.2 Penentuan <i>Head</i> Masuk.....	23
4.1.3 Penentuan <i>Head</i> Keluar (<i>h</i>)	24
4.1.4 Penentuan Panjang Pipa	24

4.1.5 Penentuan Diameter Pipa	24
4.1.6 Penentuan Bahan Pipa Masuk	25
4.1.7 Penentuan Bahan Pipa Keluar	26
4.1.8 Rancangan Tabung udara	26
4.2 Pengujian Alat.....	26
4.2.1 Pengujian Katup	27
4.2.2 Pengujian Tabung Udara	27
4.2.3 Pengujian pipa hantar (<i>delivery pipe</i>).....	27
4.3 Proses Pengambilan Data.....	27
4.4 Hasil Pengamatan.....	28
4.4.1 Energi Yang Dibangkitkan Pompa <i>Hydram</i>	28
4.4.2 Tekanan Hidrostatik Pada Pompa <i>Hydram</i>	29
4.4.3 Efisiensi Pompa <i>Hydram</i>	29
BAB V	
KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Hidraulic Ram Pump</i> pada awalnya (Junahip, 2019)	4
Gambar 2.2 Instalasi Pompa <i>Hydram</i>	6
Gambar 2.3 Komponen Katup Limbah (Ahmad Nur A, 2010)	10
Gambar 2.5 Ilustrasi Siklus 2 (Surya Dharma, 2013).....	10
Gambar 2.6 Ilustrasi Siklus 3 (Surya Dharma, 2013).....	11
Gambar 2.7 Ilustrasi Siklus 4 (Surya Dharma, 2013).....	11
Gambar 2.8 Skema Instalasi Pompa <i>Hydram</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Alur Perencanaan PompaGambar	20
Gambar 4.1 Desain Pompa <i>Hydram</i>	23
Gambar 4.2 Desain Badan Pompa	24
Gambar 4.3 Tabung Udara.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan penelitian.....	14
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Rancangan Pompa.....	15
Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Uji Kinerja	16
Tabel 3. 4 Tabel Hasil Pengujian	22
Tabel 4. 1 Tabel Hubungan Panjang Pipa Masuk (L).....	25
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian I.....	30
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian II.....	31
Tabel 4. 4 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian III	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara kepulauan dan $\frac{3}{4}$ wilayahnya berupa lautan. Dilihat dari kondisi geografis Indonesia, dimana setiap pulau memiliki bentuk dataran yang bervariasi. Dimana setiap daerahnya berbentuk dataran rendah dan dataran tinggi, yang berupa perbukitan dan pegunungan yang sering menjadi suatu kendala dalam mendapatkan dan menyuplai air sehari – hari.

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki faktor penting dalam kehidupan makhluk hidup. Air memiliki peranan penting bagi kehidupan manusia, salah satunya di bidang pertanian. Dimana fungsi air sebagai aerasi udara dan suplai oksigen dalam tanah dan membantu proses fotosintesis pada tanaman.

Lahan pertanian yang letaknya berada di bawah sumber air atau terlewati aliran air tidak perlu bersusah payah menyediakan air untuk kebutuhan tanaman yang mereka tanam. Karena sesuai dengan hukum fisika, air akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah. Jadi bagi mereka yang memiliki lahan pertanian di daerah seperti itu, tinggal membuat jalur – jalur perpipaan atau membuat irigasi untuk mengalirkan air ke lahan pertanian mereka. Sedangkan bagi petani yang lahannya berada jauh dari sumber air atau berada pada daerah yang lebih tinggi dari pada sumber air, dapat menggunakan peralatan mekanis untuk membantu dalam penyediaan air. Pompa merupakan peralatan mekanis yang telah digunakan dari generasi ke generasi untuk membantu *transport* air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau dari satu tempat ke tempat lain dengan jarak tertentu.

Penggunaan pompa untuk pemenuhan kebutuhan air bagi lahan pertanian memang sebuah solusi tepat dan telah terbukti sukses digunakan dari generasi ke generasi. Namun jika dicermati lebih mendalam, ternyata

masih ada kendala yang dihadapi ketika dihadapkan pada kebutuhan energi sebagai sumber tenaga penggerak utama (*prime mover*) pompa. Pada umumnya, penggerak utama pompa yang digunakan adalah motor listrik yang memerlukan konsumsi energi listrik sebagai tenaga penggerak. Masalahnya, lahan pertanian tidak memiliki aliran listrik. Sementara itu, jika kebutuhan energi untuk penggerak utama dipenuhi dengan menggunakan mesin diesel, akan dihadapkan pada masalah finansial dan daya beli masyarakat yang masih rendah.

Untuk mengatasi masalah yang ada, maka dibutuhkan solusi untuk pengairan lahan pertanian tersebut. Dengan cara menciptakan alat tepat guna yang ramah lingkungan dan ekonomis. Hal ini dipenuhi oleh pompa *Hydrolic Ram (Hydram)* sebagai pilihan yang tepat karna pompa ini tidak menggunakan tenaga penggerak dari luar.

Pompa *hydram* merupakan salah satu alat yang digunakan untuk menaikan air dari suatu tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air yang akan dialirkan. Pompa *hydram* hanya dapat digunakan pada sumber air yang memiliki kemiringan, sebab pompa ini membutuhkan energi terjunan air dengan ketinggian lebih besar atau sama dengan 1 meter yang masuk ke dalam pompa. Dalam penelitian ini, penulis ingin melakukan penelitian mengenai rancang bangun pompa *hydram* dengan memanfaatkan tekanan hidrostatik untuk perairan pertanian, serta perancangan ini menggunakan material pipa PVC.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka dapat dituliskan perumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik?
2. Berapa *debit* air yang dihasilkan oleh pompa *hydram* tersebut?

1.3 Batasan Penelitian

Pada penelitian ini masalah yang akan dibahas dibatasi, agar tujuan dan sasaran dapat tercapai. Adapun batasan masalah sebagai berikut :

1. Pipa hantar (*delivery pipe*) yang digunakan berdiameter $\frac{1}{2}$ inch.
2. Tinggi sumber air yang digunakan 1,5 meter.
3. Panjang pipa masuk (*drive pipe*) 8 meter.
4. Panjang tabung udara 50 cm.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat rancang bangun pompa *hydram* dengan sistem tekanan hidrostatik.
2. Mengetahui *debit* air yang dihasilkan dari pompa *hydram* hasil rancangan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1.5.1 Bagi Peneliti

1. Dapat memahami lebih luas tentang materi pompa *hydram*.
2. Mendapatkan pengalaman merancang sistem pompa *hydram* untuk dapat diaplikasikan di daerah yang nyata.

1.5.2 Bagi Institusi Pendidikan

1. Sebagai sumber referensi bagi mahasiswa Teknik Mesin UNUGHA.
2. Sebagai kajian atau bahan penelitian mahasiswa teknik mesin.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Pompa *Hydrum*

Pompa *hydrum* telah ada sebelum ditemukannya pompa listrik. Pada tahun 1772 *Jhom Whitehurst* dari Cheshire Amerika Serikat menemukan *Hydraulic Ram* pertama yang bekerja manual yang dinamakan "*Pulsation Engine*". Ia juga mengaplikasikan *hydraulic ram* ini di wilayah oultron untuk menaikkan air hingga ketinggian 16 ft (4,9 m). Dia memasang *hydrum* yang lain pada properti milik seorang kebangsaan irlandia pada tahun 1783. Dia tidak mematenkannya, dan detail dari *hydrum* tersebut tidak begitu jelas, tetapi diketahui bahwa *hydrum* tersebut memiliki tabung udara. (Ahmad Nur A, 2010)

Pompa *hydrum* otomatis pertama kali dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796. Desain pompa buatan Montgolfier sudah menggunakan 2 buah katup (*waste valve* dan *delivery valve*) yang bergerak secara bergantian. Pompa ini kemudian digunakan untuk menaikkan air untuk sebuah pabrik kertas di daerah Voiron. Satu tahun kemudian, Matius Boulton, memperoleh hak paten atas pompa tersebut di Inggris. (Junahip, 2019)



Gambar 2. 1 *Hidraulic Ram Pump* pada Awalnya (Junahip, 2019)

J.J. Carneau dan S.S. Hallet mematenkan penemuan pompa *hydrumnya* di amerika serikat pada tahun 1890. Pada tahun 1840, pemerintah amerika tertarik untuk menggunakan *hydrum*, sehingga *hydrum* menjadi semakin dikenal, dan pada tahun-tahun berikutnya *hydrum* mulai

diproduksi secara massal dan dijual bebas. Menjelang akhir abad ke- 19 ketertarikan pada pompa *hydram* mulai menurun karena ditemukannya pompa elektrik.

Diawal abad ke 20 ini, ketertarikan pada pompa *hydram* ini muncul kembali dengan adanya isu- isu mengenai penghematan energi dan pengembangan teknologi ramah lingkungan. Contoh menarik pengaplikasian terkini mengenai pompa *hydram* ini yaitu yang dilakukan oleh AID Foundation International di Phillipina, yang berhasil memperoleh Ashden Awards karena keberhasilannya mengembangkan pompa *hydram* di desa- desa terpencil.

2.2 Definisi Pompa *Hydram*

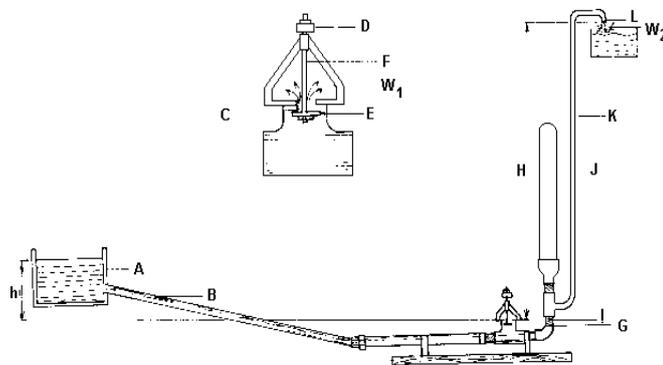
Pompa *hydram* atau *hydrolic ram* berasal dari kata *hydo* yaitu (air), dan *ram* yaitu (hantaman, pukulan atau tekanan), sehingga terjemahan bebasnya menjadi tekanan air. Jadi pompa *hydram* adalah sebuah pompayang energi atau tenaga penggeraknya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa. Masuknya air yang berasal dari sumber air kedalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus. Alat ini sedrhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertical (*head*) yang rendah ke tempat yang lebih tinggi. (Junahip, 2019)

Penggunaan pompa ini tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan pertanian, tapi juga digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, peternakan, dan perikanan darat. Karena pompa ini bekerja tanpa menggunakan bahan bakar minyak (BBM) atau tanpa motor listrik maka disebut juga “Pompa Air Tanpa Motor” (*motorless Water Pump*) dan disingkat PATM. (Widardo dan Sudarto, 1996)

Sumber energi dari pompa berasal dari tekanan dinamik atau gaya air yang timbul karena perbedaan ketinggian dari sumber air atau asal air ke

pompa. Gaya tersebut akan dipergunakan untuk menggerakkan katup sehingga diperoleh gaya yang lebih besar untuk mendorong air ke atas.

Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki keuntungan dibandingkan dengan pompa jenis lainnya, yaitu tidak menggunakan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuk sederhana, biaya pembuatan serta pemeliharannya murah dan tidak membutuhkan keterampilan tinggi untuk membuatnya. Pompa ini dapat bekerja selama dua puluh empat jam tanpa berhenti.



Gambar 2. 2 Instalasi Pompa *Hydrant*

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---|
| a. Tangki pemasukan | i. Ruang udara |
| b. Pipa pemasukan | j. Pipa pengantar |
| c. Lubang katup limbah | k. Lubang pengeluan pipa pengantar |
| d. Pemberat katup limbah | l. Tinggi vertikal antara lubang katup limbah |
| e. Katup limbah | |
| f. Tangkai katup limbah | W1 <i>Debit</i> air yang terbangun melalui katup limbah |
| g. Katup udara | |
| h. Katup pengantar | W2 <i>Debit</i> pompa |

2.3 Komponen Utama Pompa *Hydrant* dan Fungsinya

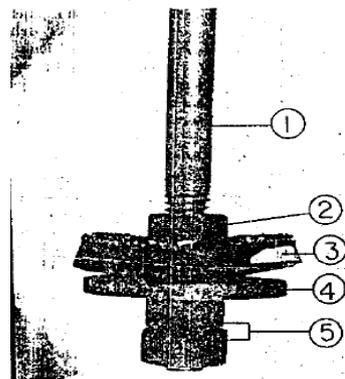
Beberapa komponen utama sebuah pompa *hydrant* dijelaskan pada uraiandi bawah ini:

1. Katup Limbah (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan salah satu komponen terpenting pompa *hydram*, oleh sebab itu katup limbah harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah sendiri berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara.

Katup limbah dengan beban yang berat dan panjang langkah yang cukup jauh memungkinkan fluida mengalir lebih cepat, sehingga saat katup limbah menutup, akan terjadi lonjakan tekanan yang cukup tinggi, yang dapat mengakibatkan fluida kerja terangkat menuju tabung udara. Sedangkan katup limbah 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. (Ahmad Nur A, 2010)

Adapun bagian – bagian sebuah katup limbah dapat dilihat dari gambar dibawah ini:



Gambar 2. 3 Katup Limbah dan Komponenya (Ahmad Nur A, 2010)

Keterangan gambar :

1. Tangkai Katup
2. Mur Penjepit Atas
3. Karet Katup
4. Plat Katup

5. Mur Penjepit Bawah

2. Katup Penghantar (*Delivery Valve*)

Katup penghantar adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan *hydram* menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Katup penghantar harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan *hydram*. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan. (Ahmad Nur A, 2010)

3. Tabung Udara (*Air Chamber*)

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 pengantar 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. (Junahip, 2019)

4. Pipa Masuk (*Drive Pipe*)

Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa *hydram*. Dimensi pipa masuk harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup limbah secara tiba – tiba. Untuk menentukan panjang sebuah pipa masuk, bisa digunakan referensi yang telah tersedia seperti di bawah ini:

$$6H < L < 12H \quad (\text{Eropa dan Amerika Utara})$$

$$L = h + 0.3 (h/H) \quad (\text{Eytelwein})$$

$$L = 900 H/(N^2 \cdot D) \quad (\text{Rusia})$$

$$L = 150 < L/D < 1000 \quad (\text{Calvert})$$

Dengan :

L = Panjang pipa masuk

H = *Head supply*

h = *Head output*

D = Diameter pipa masuk

N = Jumlah ketukan katup limbah per menit

Menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan, referensi perhitungan panjang pipa masuk oleh Calvert memberikan hasil yang lebih baik. (Ahmad Nur A, 2010)

5. Pipa Keluar/Penyalur

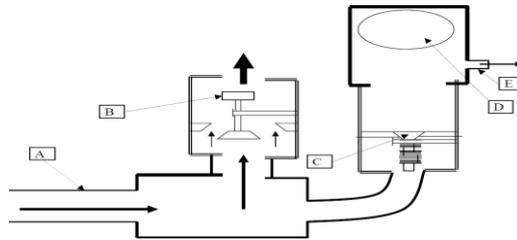
Pipa keluar atau biasa disebut pipa penyalur merupakan pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air hasil pemompaan yang berasal dari tabung udara. Ukuran diameter pipa penyalur biasanya lebih kecil dari ukuran diameter pipa penghantar, sedangkan ukuran panjangnya disesuaikan dengan ketinggian yang dibutuhkan. (Junahip, 2019)

2.4 Prinsip Kerja Pompa *Hydrum*

Energi yang dibutuhkan untuk mengangkat air berasal dari air yang jatuh menurun akibat gravitasi. Seperti beberapa perangkat bertenaga air lain, namun tidak seperti turbin air, *hydrum* menggunakan kelembaman bagian yang bergerak bukan dari tekanan air dan beroperasi pada 4 siklus, seperti berikut :

1. Siklus I

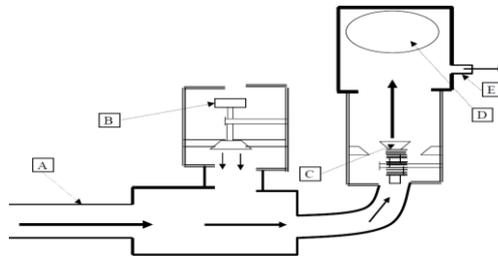
Katup buang terbuka dan air dari *reservoir* mengalir melalui pipa masuk A ke badan pompa, mengisi badan pompa tersebut dan sebagian akan keluar melalui katup buang B. Posisi katup masuk C masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar dari pipa *outlet* E.



Gambar 2. 4 Ilustrasi Siklus 1 (Surya Dharma, 2013)

2. Siklus II

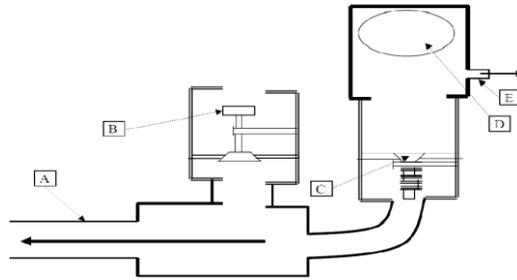
Air yang telah memenuhi badan *hydram*, ketika air telah mencapai nilai yang sesuai, katup limbah mulai menutup. Pada pompa *hydram* yang baik proses menutupnya limbah terjadi sangat cepat.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Siklus 2 (Surya Dharma, 2013)

3. Siklus III

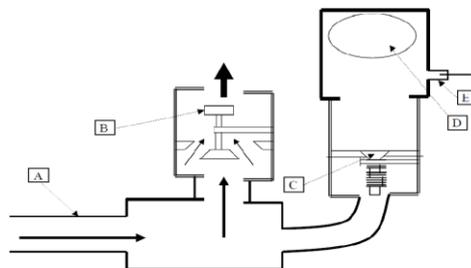
Air akan berhenti mengalir secara mendadak sebagai gelombang kejut akibat adanya *water hammer* dan membuat aliran balik ke *reservoir* melalui pipa hantar A, katup buang B tertutup. Volume udara dalam tabung udara berfungsi meratakan perubahan tekanan yang drastic dalam *hydraulic ram* melalui katup penghantar dan denyut tekan didalam tabung yang kembali lagi ke pompa akan menyebabkan hisapan dan tutupnya katup penghantar yang merupakan katup searah yang menghalangi kembalinya air kedalam pompa. Sehingga air dalam tabung tersebut akan tertekan keluar melalui pipa penghantar (*outlite*) E yang mengalirkan air keatas.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Siklus 3. (Surya Dharma, 2013)

4. Siklus IV

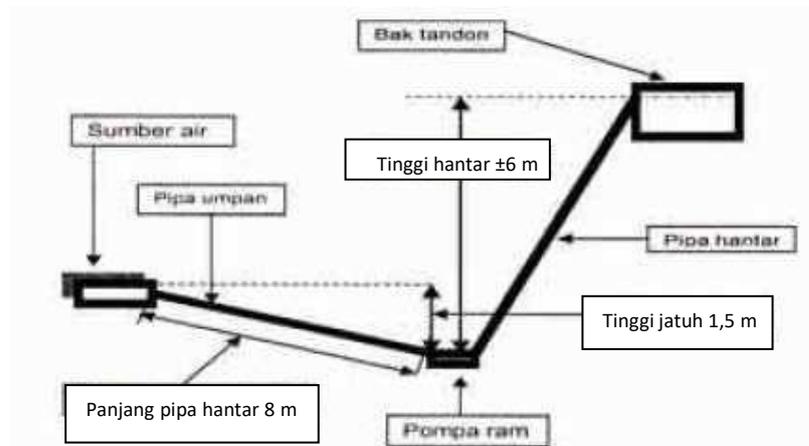
Gelombang kejut tersebut akan menjadi arus balik ke arah *reservoir* dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada system pompa sehingga katup masuk C tertutup kembali, sedangkan katup buang B terbuka. Akibat berkurangnya gelombang tekan tersebut, arus air dari *reservoir* mengalir menuju pompa melalui pipa hantar A. katup masuk C tertutup sampai volume udara dalam tangki udara stabil dan air berhenti mengalir keluar dari pipa hantar E. pada titik ini siklus I dimulai lagi dan begitu seterusnya.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Siklus 4. (Surya Dharma, 2013)

2.5 Energi yang dibangkitkan pada Pompa *Hydrum*

Energi yang dibutuhkan pada pompa *hydrum* berasal dari fluida itu sendiri. Air yang mengalir melalui pipa masuk pada ketinggian H mengalami percepatan. Untuk lebih jelas dapat dilihat gambar berikut :



Gambar 2.8 Skema Instalasi Pompa *Hydrant*

Untuk menghitung besarnya energi yang dibangkitkan pada pompa *hydrant*, ditinjau kondisi masing – masing titik saat awal pengoperasian pompa *hydrant*, dimana pada kondisi demikian air yang masuk ke badan *hydrant* langsung keluar melalui katup buang dengan kecepatan tertentu (V_3), dan tekanan di titik 3, P_3 akan sama dengan atmosfer ($=0$) karena katup buang dalam keadaan terbuka penuh.

Kecepatan V_3 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kontinuitas dimana harga *debit* Q bernilai konstan, sehingga:

$$Q = v_3 \times A_{waste}$$

dengan:

Q = *debit* air yang keluar melalui katup limbah, m^3/s

v_3 = kecepatan air di titik 3 (yang melalui katup limbah), m/s

A_{waste} = luas penampang lubang katup limbah, m^2

Setelah nilai v_3 didapatkan, maka kita dapat menghitung energi yang dibangkitkan *hydrant*, dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2} m v_3^2$$

dengan :

E = energi *hydrant*, J

M = massa fluida yang mengalir,

Kg = massa fluida yang mengalir melalui pipa masuk = ρAL

v_3 = kecepatan massa fluida yang mengalir, m/s

- L = panjang pipa masuk, m
 A = luas penampang pipa masuk, m²
 ρ = massa jenis air (= 1000) , kg/m³

2.6 Tekanan Hidrostatik

Tekanan hidrostatik adalah tekanan zat cair yang disebabkan oleh berat zat cair itu.

$$P_h = \rho g h$$

dimana :

- ρ = massa jenis fluida (kg/m³)
 g = percepatan gravitasi (m/s²)
 h = ketinggian (m)
 P_h = tekanan hidrostatik (Pa)

2.7 Efisiensi Pompa *Hydrum*

Efisiensi pompa *hydrum* dihitung dengan menggunakan persamaan dari D'Aubuisson, yaitu :

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

dengan :

- η_A = efisiensi *hydrum* menurut D'Aubuisson
 q = *debit* hasil, m³/s
 Q = *debit* limbah, m³/sh = *head* keluar, m
 H = *head* masuk, m

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu

Analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian “Rancang Bangun Pompa *Hydrum* Sebagai Pengairan Pertanian Dengan Tekanan Hidrostatik” dengan menggunakan waktu kurang lebih 3 bulan, dengan rincian sebagai berikut:

Diagram Tabel pengerjaan “Rancang Bangun Pompa *Hydrum* Sebagai Pengairan Pertanian dengan Tekanan Hidrostatik”

Tabel 3. 1 Waktu pelaksanaan penelitian

No.	Nama kegiatan	November				Desember				Januari				Februari				Maret				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.	Pembuatan proposal																					
2.	Seminar proposal																					
3.	Proses pengerjaan Pompa																					
4.	Alat selesai																					
5.	Pengujian pompa																					
6.	Sidang akhir																					

3.1.2 Tempat

Tempat perakitan dilakukan di Workshop Kreasi Besi Kayu desa Panisihan, kecamatan Maos, kabupaten Cilacap dan penelitian dilakukan di

Laboratorium Konversi Energi, Fakultas Teknologi Industri (FTI)
UNUGHA CILACAP.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Proses penelitian ini menjadi dua tahap, yaitu tahap perancangan
pompadaan uji pompa.

3.2.1 Rancangan Pompa

Tabel 3. 2 Alat dan Bahan Rancangan Pompa

Alat		
No.	Nama Alat	Jumlah
1.	Gunting	1 buah
2.	Gergaji besi	1 buah
3.	Meteran	1 buah
4.	Kunci pipa	1 buah
5.	Kunci pas/ring	1 set
6.	Amplas	1 buah
7.	Bor	1 buah
8.	<i>Hole saw</i>	1 set
9.	Gerinda tangan	1 buah
10.	<i>Cutter/ pisau</i>	1 buah
11.	Obeng	1 buah
Bahan		
1.	Pipa PVC 2 <i>inch</i>	2 buah
2.	Sambungan L 2 <i>inch</i>	1 buah
3.	Sambungan T 2 <i>inch</i>	2 buah
4.	Sambungan <i>shock</i>	1 buah
5.	<i>Shock</i> drat luar dan dalam 2 <i>inch</i>	1 pasang
6.	<i>Over shock</i> 2 <i>inch</i> ke 3 <i>inch</i>	1 buah

7.	<i>Over shock 2 inch ke ½ inch</i>	1 buah
8.	Pipa PVC 3 inch	1 buah
9.	Kran	1 buah
10.	Tutup pipa 3 inch	1 buah
11.	Lem pipa	2 buah
12.	Mur, baud, dan ring	1 set
13.	Karet ban dalam	1 buah
14.	Kaca mika	1 buah
15.	Selang karet	12 meter
16.	Seal tip	1 buah
17.	Klem	6 buah
18.	Drum	1 buah

3.2.2 Uji Pompa

Tabel 3. 3 Alat dan Bahan Uji Kinerja

Alat		
No.	Nama alat	Jumlah
1.	Alat tulis	1 buah
2.	Meteran	1 buah
3.	<i>Stopwatch</i>	1 buah
4.	Ember	1 buah
5.	Gelas ukur	1 buah
Bahan		
1.	Air	360 liter

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang mendukung dan membantu perancangan pompa, mempelajari tentang dasar perancangan pompa, serta literatur lain yang mendukung pembuatan pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik.

3.3.2 Metode Visual

Dengan cara mengumpulkan data menggunakan alat bantu kamera untuk merekam dan mengamati bahan atau spesimen yang diteliti.

3.3.3 Metode Eksperimen

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekperimental dengan percobaan laboratorium/bengkel dan pengujian di lapangan.

3.3.4 Konsultasi

Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing sebagai petunjuk tentang perancangan dan pembuatan pompa pemeras santan untuk tugas akhir.

3.4 Metode Pelaksanaan

3.4.1 Pencarian Data

Dalam perancangan pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik, terlebih dahulu melakukan pengamatan, studi literatur dan konsultasi yang mendukung dan melengkapi data pembuatan pompa untuk tugas akhir.

3.4.2 Perencanaan Dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari studi literatur dan konsultasi maka dapat dipersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik. Dari studi literatur dan konsultasi dapat dirancang desain pompa *hydram*. Dalam proses pembuatan pompa ini yang dirancang adalah.

- a. Perancangan badan pompa *hydram*.
- b. Penentuan *head* pipa masuk
- c. Penentuan diameter pipa masuk
- d. Penentuan panjang pipa masuk
- e. Penentuan tabung udara
- f. Penentuan bahan pipa

3.4.3 Proses Perakitan

Proses perakitan pompa *hydram* dimana alat dibuat untuk memenuhi kebutuhan perancangan serta sebagai proses uji coba beberapa bagian yang meliputi perakitan badan pompa, katup, rancangan tabung udara, dan pipa hantar. Berikut langkah – langkah perakitan:

1. Menyiapkan peralatan dan alat keamanan kerja (*safety*).
2. Menyiapkan ukuran pipa sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
3. Memotong pipa sesuai dengan ukuran dan keperluan.
4. Memeriksa kerataan permukaan pipa dan kelurusan hasil pemotogan pipa.
5. Melakukan perakitan katup buang dan katup hantar.
6. Menguji fungsi katup tersebut.
7. Melakukan penyambungan komponen untuk dijadikan badan pompa terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemasangan katup limbah dan katup tekan.
8. Mengecek kerapatan dan kekuatan komponen yang telah dirangkai.
9. Menyempurnakan hasil penyambungan yang kurang sempurna.
10. Menghilangkan sisa lem hasil penyambungan.

3.4.4 Pengujian Pompa

Dilakukan untuk mengetahui apakah pompa *hydram* dapat bekerja dengan baik. Ada 2 faktor dalam pengujian pompa *hydram*, yaitu:

1. Pengujian mengenai faktor untuk kerja yaitu mulai dari *start* pengoprasian alat.
2. Pengujian mengenai faktor keamanan yaitu suatu alat tersebut dapat

bekerja dengan aman dan tidak menimbulkan bahaya. Kelayakan pompa dapat dilakukan dan diketahui dengan mengevaluasi kesesuaian hasil dari jumlah air yang didapatkan. Hal tersebut perlu dilakukan sebagai langkah pengecekan antara rencana yang dibuat dengan hasil yang didapat.

3.4.5 Penyempurnaan Alat

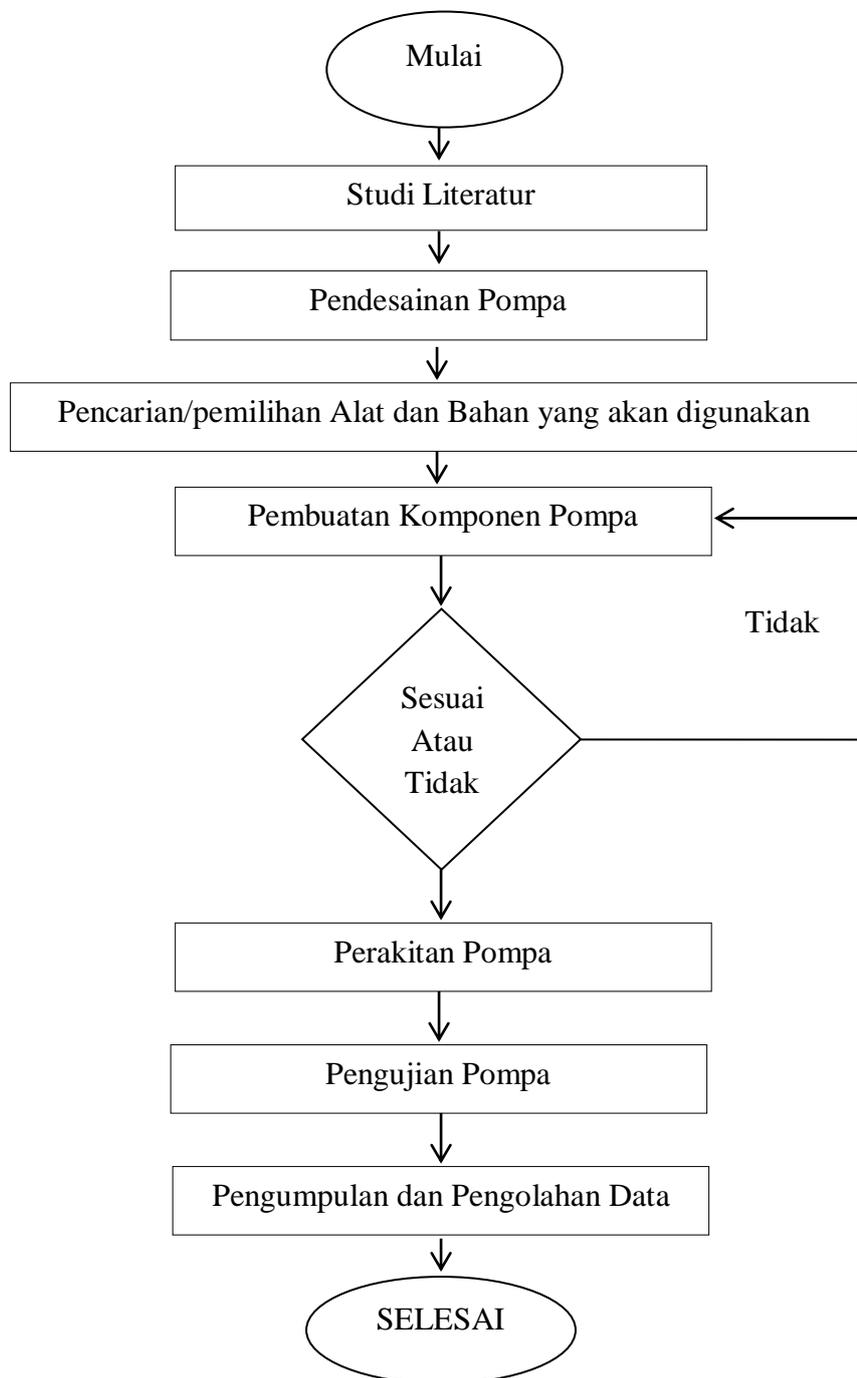
Penyempurnaan alat dilakukan apabila dalam pengujian terdapat masalah atau kekurangan, kemudian dilakukan perbaikan agar dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur, tujuan dan perancangan pompa *hydram* yang dilakukan dan diharapkan.

3.4.6 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan akhir pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik dilakukan secara bertahap dari studi literatur, desain pompa, perancangan pompa, dan pembuatan pompa *hydram* dengan tekanan hidrostatik sampai dengan selesai

3.4.7 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan yaitu studi literature, perancangan konsep desain pompa, perancangan pompa dan uji alat dan pengamatan. Berikut diagram alur perancangan pompa:



Gambar 3.1 Gambar Diagram Alur Perancangan Pompa

3.4.8 Uji Pompa

Sesuai dengan tujuan penelitian kali ini, yakni untuk merancang bangun pompa *hydram*, maka digunakan beberapa parameter. Adapun parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Parameter yang ditetapkan sebagai berikut :

1. Tabung Udara

$$\text{Volume tabung} : \pi r^2 \cdot t = 3,14 \times 0,0381^2 \times 0,5 = 0,002 \text{ m}^3$$

2. Diameter tabung : 3 *inch*.

3. Tinggi tabung : 0,5 m

4. *Head* masuk : H = 1,5 m

5. Panjang pipa masuk : L = 8 m

6. Diameter pipa masuk : D = 0,0508 cm

7. Diameter pipa keluar : d = 0,0127 cm

8. Massa tambahan katup buang : mw = 80 gram

9. Parameter yang diukur sebagai berikut:

Debit limbah (Q)

Debit hasil (q)

Tinggi air yang dapat di angkat (h)

10. Parameter yang dihitung:

Energi yang dibangkitkan popa *hydram* (E)

Tekanan hidrostatik (P_h)

Efisiensi pompa *hydram* (η)

3.5 Pengamatan Hasil Ujian

Dalam merancang pompa *hydram* perlu beberapa perhitungan, hal ini bertujuan untuk menghasilkan alat yang digunakan sesuai keinginan pembuat.

3.4 Tabel Data Hasil Pengujian

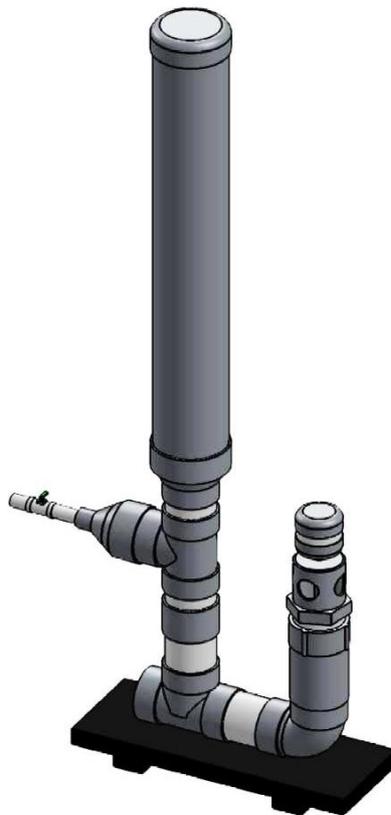
Data ke	<i>Debit Limba</i> (Q)		<i>Debit Hasil</i> (q)		<i>Head</i> <i>Output</i> (h)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
	(L/ menit)	(m ³ /s)	(L/ menit)	(m ³ /s)	M	(ketukan/ menit)	%
1.							
2.							
3.							

BAB IV PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Rancangan Badan Pompa

Adapun desain rancangan pompa *hydram* yang akan dirancang seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut :

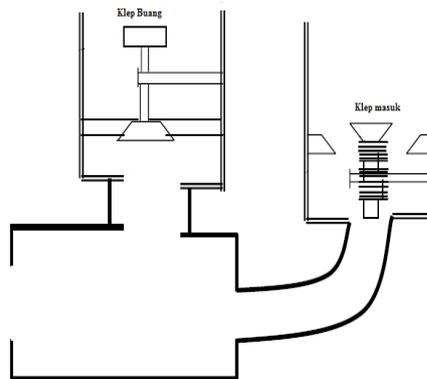


Gambar 4. 1 Desain Pompa *Hydram*

4.1.2 Rancangan Badan Pompa

Badan pompa merupakan sebagai bagian awal untuk merangkai komponen-komponen utama pompa supaya menjadi satu kesatuan. Badan pompa dirancang dengan menggunakan *T junction* dan *knee L* diameter 2 *inch* yang disambungkan dengan pipa PVC dengan ukuran yang sama. Kemudian diatas *T junction* dirangkai katup hantar, dan diatas *knee L*

terpasang katup limbah dengan ukuran diameter yang sama dengan ukuran diameter badan pompa. Katup hantar terbuat dari sambungan pipa, sedangkan katup limbah terbuat dari drat *shock* PVC dengan diameter 2 *inch*.



Gambar 4. 2 Desain Badan Pompa

4.1.3 Penentuan *Head* Masuk

Berdasarkan batasan masalah yang kita tetapkan untuk ketinggian *head* masuk yaitu 1,5 meter, tetapi dalam pengujian di lapangan nilainya berubah menjadi 2,3 meter. Hal ini disebabkan karena ada tambahan ketinggian tangki penampung air setinggi 0,8 meter. Dalam pengujian ini ditetapkan.

4.1.4 Penentuan *Head* Keluar (*h*)

Pada penelitian ini *head* keluar kita tetapkan sebesar 8 meter. Dimana berdasarkan penelitian Dr. Jagdish Lal (1975) yang menyatakan bahwa panjang pipa keluar atau *head* keluar berhubungan dengan efisiensi, yang juga berhubungan dengan panjang pipa masuk dan *head* masuk. Agar efisiensi pompa menjadi maksimum. Untuk mempermudah dalam proses pengukuran *debit* hasil dari pompa.

4.1.5 Penentuan Panjang Pipa

Panjang pipa masuk kita tentukan yaitu 8 meter dengan asumsi besar *head* masuk yang telah kita tentukan 2,3 meter dan besar *head* keluar 8 meter, maka panjang pipa masuk yang diambil adalah 8 meter, sesuai

dengan perhitungan di atas, panjang pipa masuk 8 meter dengan diameter 2 *inch* telah memenuhi persamaan metode *Calvert*.

4.1.6 Penentuan Diameter Pipa

Setelah diketahui panjang pipa masuk, maka dari tabel di bawah ini bisa kita tentukan diameter pipa masuk (*drive pipe*) yang akan kita gunakan. Tabel 4.2. Tabel hubungan panjang pipa masuk (L) dan diameter pipa masuk (D)

Tabel 4. 1 Tabel hubungan panjang pipa masuk (L)

Diameter (10 ⁻³ m)	Panjang pipa masuk L (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

Setelah mendapatkan harga dari tabel diatas, kemudian kita cek harga tersebut menggunakan metode *Calvert*, dimana :

$$150 < L/D < 1000$$

dengan memasukkan L = 8 m dan D = 5,04 x 10⁻² m pada persamaan di atas maka didapatkan L/D = 158,73 . Nilai tersebut memenuhi persamaan dari metode *Calvert* di atas. Nilai tersebut juga sesuai jika dicek pada table 4.1 Jadi asumsi kita menggunakan pipa dengan diameter 2 *inch* dengan panjang 8 meter adalah benar.

4.1.7 Penentuan Bahan Pipa Masuk

Bahan pipa masuk yang digunakan pada pengujian ini adalah pipa air PVC merk Rucika dengan diameter yang telah kita tentukan yaitu 2 *inch* dan panjang 8 meter sesuai dengan batasan masalah.

4.1.8 Penentuan Bahan Pipa Keluar

Dalam penelitian kali ini, pipa keluar yang digunakan adalah selang karet dengan ukuran ½ *inch*. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengukuran tinggi air dan *debit* hasil yang keluar.

4.1.9 Rancangan Tabung udara

Tabung udara dibuat dari bahan PVC, dengan ukuran tinggi 50 cm dan diameter 3 *inch*. Tabung udara merupakan ruang vakum yang digunakan sebagai tempat memampatkan air guna mendorong air yang telah dipompa keluar melalui pipa keluaran dengan ukuran diameter ½ *inch*.



Gambar 4. 3 Tabung Udara

4.2 Pengujian Alat

4.2.1 Pengujian Katup

Pengujian katup ini bertujuan untuk mengetahui apakah katup akan bekerja dengan baik pada saat dipasang nanti. Pengujian katup dilakukan dengan menekan katup secara periodik dengan menggunakan tangan. Jika katup dirasa sudah bekerja dengan baik, maka katup masih bagus dan dapat

dipasang pada badan pompa.

4.2.2 Pengujian Tabung Udara

Pengujian tabung udara dilakukan dengan memasukan air ke dalam tabung udara untuk mengetahui apakah ada kebocoran atau tidak. Hal ini dilakukan agar tabung udara dapat bekerja secara efektif untuk memberikan tekanan agar air dapat diangkat sesuai perhitungan.

4.2.3 Pengujian Pipa Hantar (*Delivery Pipe*)

Pengujian pipa hantar dilakukan agar air yang telah dipompa dapat mengalir ke atas dan dapat dihitung ketinggiannya. Pipa hantar digantikan dengan selang agar mudah untuk disesuaikan tinggi pengukurannya.

4.3 Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data diawali dengan melakukan proses *trial and error* instalasi pompa *hydram*. Proses *trial and error* dilakukan untuk mendapatkan konfigurasi optimal untuk parameter – parameter yang di tetapkan pada pompa *hydram* tersebut. Selain itu, proses *trial and error* juga dilakukan untuk mengetahui kekurangan – kekurangan yang masih terdapat pada instalasi pompa *hydram*, sehingga pada saat pengambilan data, pompa *hydram* akan berada pada kondisi dan konfigurasi optimal.

Langkah *trial* yang pertama adalah mencoba katup hantar. Katup hantar dibuat satu arah dengan tujuan air yang telah masuk kedalam tabung udara tidak kembali lagi ke badan pompa. Katup hantar dibuat dengan model naik turun berdasarkan dorongan air dari badan pompa ke daun katup hantar. Dimana pada percobaan pertama katup hantar tidak dapat bekerja secara maksimal karna lubang pada badan katup hantar terlalu kecil sehingga air yang masuk kedalam tabung udara sangat sedikit. Kemudian, lubang pada pipa hantar diperbesar menjadi 38 mm dan daun katup limbah diperbesar menjadi 44 mm. Pada percobaan ini pompa *hydram* dapat bekerja sesuai dengan sebagaimana mestinya. Pada percobaan pertama setelah katup limbah diperbaharui air dapat naik sampeik ketinggian 4 m

dengan ketinggian pipa masuk 1 meter.

Kemudian, langkah *trial* yang kedua adalah mencoba konfigurasi yang pas untuk katup limbah. Pada percobaan pertama dilakukan dengan kondisi katup limbah dengan panjang langkah 10 mm dan tanpa masa tambahan. Hasilnya pada katup limbah dapat bergerak secara otomatis. Pada percobaan kedua dengan cara menaikkan ketinggian pipa masuk menjadi 1,5 m, katup limbah tidak dapat bergerak secara otomatis dan selalu dalam keadaan tertutup. Atau dengan kata lain katup limbah selalu terangkat dan tidak bias turun. Hal ini disebabkan karena berat katup limbah lebih kecil dari energi yang dimiliki air, sehingga tidak mampu melawan tekanan air.

Trial berikutnya, katup limbah dikondisikan pada posisi panjang langkah 15 mm dengan massa tambahan sebesar 80 gram. Hasilnya katup limbah dapat bekerja dengan baik, dengan rata – rata jumlah ketukan mencapai 77 ketukan per menit. Pompa *hydram* mampu mengangkat air hingga setinggi 6 meter dengan panjang pipa *output* 12 meter. Pada instalasi ini air selalu mencapai ketinggian dan bahkan masih bisa dinaikan lagi ketinggian *output*nya. Dari hasil tersebut diputuskan hasil *debit* (q) yang diambil yaitu pada ketinggian *output* yaitu setinggi 8 meter sesuai dengan batasan yang diambil untuk menghitung efisiensi pada pompa *hydram*.

4.4 Hasil Pengamatan

Hasil pengujian yang diukur ditampilkan dalam bentuk tabel. Dan disajikan dengan variabel antara lain, *debit* limbah (Q), *debit* hasil (q), *head supply* (H), *head output* (h), jumlah ketukan (N), dan Efisiensi (η). Selain itu hasil lain yang dapat diketahui seperti energi pompa *hydram* (E), dan tekanan hidrostatik (P_h) sebagai berikut :

4.4.1 Energi Yang Dibangkitkan Pompa *Hydram*

Pertama kita mencari nilai dari V_3 terlebih dahulu dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V_3 \times A_{\text{waste}}$$

dengan :

$$Q = 22,31 \text{ l/m} = 3,71 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$A_{\text{waste}} = 25 \text{ mm} = 0,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$V_3 = \frac{Q}{A}$$
$$= \frac{3,71 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}}{0,25 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 14,84 \text{ m/s}$$

Setelah nilai V_3 didapatkan, maka kita dapat menghitung energi yang dibangkitkan oleh pompa *hydram*, dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2} m v_3^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 14,84^2 \text{ m/s}$$
$$= 110.112,8 \text{ J}$$

4.4.2 Tekanan Hidrostatik Pada Pompa *Hydram*

Dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_h = \rho g h$$

dimana :

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

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan gravitasi)}$$

$$h = 0,8 \text{ m (ketinggian)}$$

$$P_h = \rho g h$$
$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,8 \text{ m}$$
$$= 7840 \text{ Pa}$$
$$= 7,8 \text{ N/m}$$

4.4.3 Efisiensi Pompa *Hydram*

dihitung dengan menggunakan persamaan yaitu :

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

dengan :

η_A = efisiensi *hydram* menurut *D'Aubuisson*

q = *debit* hasil, m^3/s

$Q = \text{debit limbah, m}^3/\text{s}$

$h = \text{head keluar, m}$

$H = \text{head masuk, m}$

Pengujian I

Pengujian I dilakukan dengan kondisi pompa *hydram* sebagai berikut.

- Volume tabung udara : 0,002 m³
- Panjang langkah katup buang : 15 mm
- Massa tambahan katup buang : 80 gram
- Panjang pipa *drive* : 8 m
- Diameter pipa *drive* : 5,08 mm
- *Head input* : 2,3 m

Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian I

Data ke	Debit Limba (Q)		Debit Hasil (q)		Head Output (h)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
	(L/ menit)	(m ³ /s)	(L/ menit)	(m ³ /s)	M	(ketukan /menit)	%
1.	16,72	2,78x10 ⁻⁴	3,45	0,57x10 ⁻⁴	8	57	59,22%
2.	21,41	3,56x10 ⁻⁴	3,85	0,64x10 ⁻⁴	8	73	53%
3.	24,34	4,05x10 ⁻⁴	4	0,66x10 ⁻⁴	8	83	48,75%

Data Uji :

$$1. \text{ Efisiensi 1 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,57x10^{-4} x 8}{(2,78 x 10^{-4} + 0,57x10^{-4})x 2,3} = 59,22\%$$

$$2. \text{ Efisiensi 2 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,64x10^{-4} x 8}{(3,56 x 10^{-4} + 0,64x10^{-4})x 2,3} = 53\%$$

$$3. \text{ Efisiensi 3 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$\frac{0,66 \times 10^{-4} \times 8}{(4,05 \times 10^{-4} + 0,66 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 48,75\%$$

Pengujian II

Pengujian I dilakukan dengan kondisi pompa *hydram* sebagai berikut.

- Volume tabung udara : 0,002 m³
- Panjang langkah katup buang : 15 mm
- Massa tambahan katup buang : 80 gram
- Panjang pipa *drive* : 8 m
- Diameter pipa *drive* : 5,08 mm
- *Head input* : 2,3 m

Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian II

Data ke	Debit Limba (Q)		Debit Hasil (q)		Head Output (h)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
	(L/menit)	(m ³ /s)	(L/menit)	(m ³ /s)	M	(ketukan/menit)	%
1.	22,29	3,71x10 ⁻⁴	3,65	0,60x10 ⁻⁴	8	76	72,61%
2.	19,94	3,32x10 ⁻⁴	3,75	0,62x10 ⁻⁴	8	68	54,74%
3.	25,52	4,25x10 ⁻⁴	4,1	0,68x10 ⁻⁴	8	87	48%

Data uji :

$$1.3.1 \text{ Efisiensi 1 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,60 \times 10^{-4} \times 8}{(3,71 \times 10^{-4} + 0,60 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 72,61\%$$

$$1.3.2 \text{ Efisiensi 2 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,62 \times 10^{-4} \times 8}{(3,32 \times 10^{-4} + 0,62 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 54,74\%$$

$$1.3.3 \text{ Efisiensi 3 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,68 \times 10^{-4} \times 8}{(4,25 \times 10^{-4} + 0,68 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 43\%$$

Pengujian III

Pengujian III dilakukan dengan kondisi pompa *hydram* sebagai berikut.

- Volume tabung udara : 0,002 m³
- Panjang langkah katup buang : 15 mm
- Massa tambahan katup buang : 80 gram
- Panjang pipa *drive* : 8 m
- Diameter pipa *drive* : 5,08 mm
- *Head input* : 2,3 m

Tabel 4. 4 Tabel Hasil Pengamatan Pengujian III

Data ke	Debit Limba (Q)		Debit Hasil (q)		Head Output (h)	Jumlah Ketukan (N)	Efisiensi (η)
	(L/ menit)	(m ³ /s)	(L/ menit)	(m ³ /s)	M	(ketukan /menit)	%
1.	24,93	4,15x10 ⁻⁴	3,55	0,59x10 ⁻⁴	8	77	43,30%
2.	23,17	3,8x10 ⁻⁴	3,25	0,54x10 ⁻⁴	8	68	43,28%
3.	22,5	3,75x10 ⁻⁴	3,95	0,65x10 ⁻⁴	8	87	51,38%

Data uji :

$$1. \text{ Efisiensi 1 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,59 \times 10^{-4} \times 8 \text{ m}}{(4,15 \times 10^{-4} + 0,59 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 43,30\%$$

$$2. \text{ Efisiensi 1 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,54 \times 10^{-4} \times 8 \text{ m}}{(3,86 \times 10^{-4} + 0,54 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 43,28\%$$

$$3. \text{ Efisiensi 1 : } \eta = \frac{q h}{(Q+q)H} 100\%$$

$$= \frac{0,65 \times 10^{-4} \times 8 \text{ m}}{(3,75 \times 10^{-4} + 0,65 \times 10^{-4}) \times 2,3} = 51,38\%$$

Pada data hasil pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih valid, dan media yang dibuat untuk mengukur *debit* air yang keluar menggunakan gelas ukur plastik

berukuran 1000 ml, pada pengujian tersebut menunjukkan hasil *debit* yang diambil dari ketinggian *head input* 2,3 m pada kondisi vertikal dan panjang pipa keluar 12 m.

Data dari hasil pengujian pertama, kedua, dan ketiga dengan tinggi *head input* tetap yaitu 2,3 m. Pada pengujian pertama menghasilkan *debit* air sebagai berikut 3,45 liter/menit, 3,85 liter/menit, 4 liter/menit. Kemudian pada pengujian kedua menghasilkan *debit* air sebagai berikut 3,65 liter/menit, 3,75 liter/menit, 4,1 liter/menit. Dan pada pengujian ketiga menghasilkan *debit* air sebagai berikut 3,55, 3 liter/menit, 3,95 liter/menit.

Kemudian data efisiensi pompa *hydram* dari setiap pengujian adalah sebagai berikut, efisiensi pada pengujian pertama yaitu 59,22%, 53%, 48,75%, kemudian efisiensi pada pengujian kedua yaitu 72,61%, 54,74%, 48%, dan efisiensi pada pengujian ketiga yaitu 43,30%, 43,28%, 51,48%.

Hasil perhitungan rata-rata dari beberapa parameter yang telah dihitung, sebagai berikut :

Parameter	Hasil
Rata-rata ketukan per menit	74 /menit
<i>Debit</i> Limbah	22,31 Liter/menit
<i>Debit Output</i>	3,72 Liter/menit
Rata-rata Efisiensi	52,69 %

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pembahasan mengenai rancang bangun pompa *hydram* sebagai pengairan pertanian dengan system tekanan hidrostatik dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rancangan Pompa *hydram* ini dibuat dengan pipa PVC ukuran 2 *inch*. Dan dapat bekerja maksimal, serta dapat menaikkan air hingga ketinggian 8 meter.
2. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pompa *hydram* dapat bekerja dengan baik dengan *debit* rata-rata $6,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{s}$ (3,72 liter/menit). Dan memiliki efisiensi rata – rata sebesar 52,69 %.

5.2 Saran

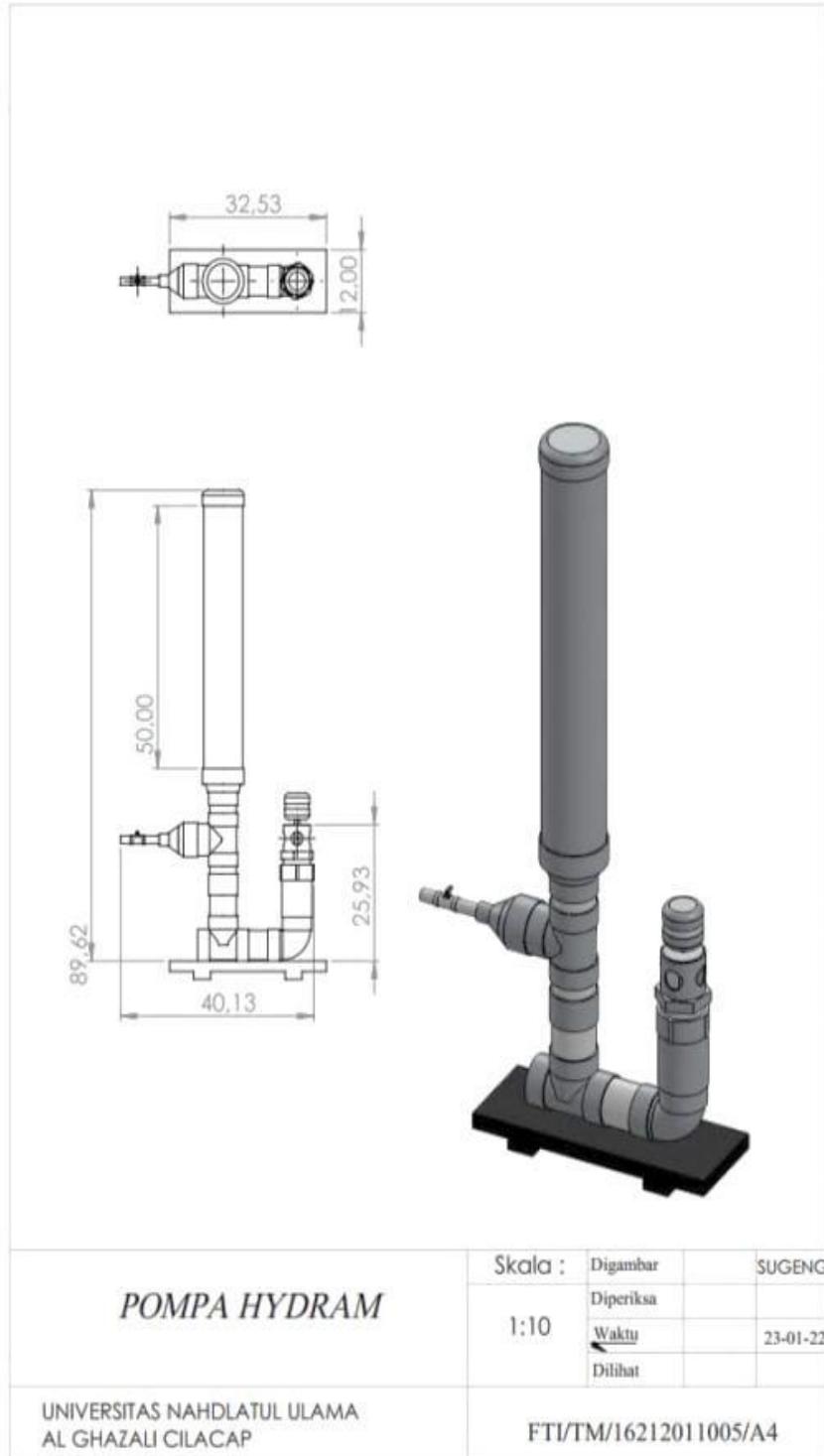
1. Penelitian dan pengembangan pompa *hydram* perlu dikaji lebih dalam, karena banyak faktor yang masih dapat meningkatkan performa kerja dari pompa *hydram* yang belum diketahui.
2. Dibutuhkan adanya dukungan dari semua pihak untuk mengembangkan pompa *hydram*, supaya dapat dikembangkan dan dimanfaatkan di daerah – daerah yang membutuhkan.
3. Pada penelitian ini, pompa *hydram* hasil rancangan diharapkan dapat menjadi bahan referensi untuk pembuatan pompa selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Junahip, 2019, *Rancang Bangun Pompa Hydrum Sistem Dua Katup Limbah Dengan Satu Tabung Udara Untuk Mengalirkan Air Di Dusun Nangka Rempek, Desa Bayan*, Skripsi Teknik Pertanian, Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Arianta, Ahmad Nur, 2010, *Pengaruh Variasi Ukuran Tabung Udara Terhadap Unjuk Kerja Sebuah Pompa Hidra*, Skripsi Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Dharma Surya, 2013, *Rancang Bangun Pompa Hidraulik Ram (Hydrum)*, Skripsi Departemen Fisika, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Purnomo, Salman Alfarisi Adi, 2010, *Pengaruh Ukuran Berat Katub Limbah Dan Panjang Kolom Limbah Terhadap Debit Pompa Hydrum*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Siahaan, Paruliaan, 2012, *Rancang Bangun Dan Uji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Driven Pipe Dan Diameter Air Chamber Terhadap Efisiensi Pompa Hydrum*, Teknik Pompa. Universitas Sumatera Utara.
- Saputra, Y.B. 2013, *Rancang Bangun Dan Pengujian Pompa Hydrum Dengan Variasi Katub Buang*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Alfarizi, Muhammad Yahya, 2015, *Pengaruh Diameter Pipa Dan Panjang Pipa Inlite Terhadap Kinerja Pompa Hidram*, Jurnal Teknik Mesin, Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya.

LAMPIRAN

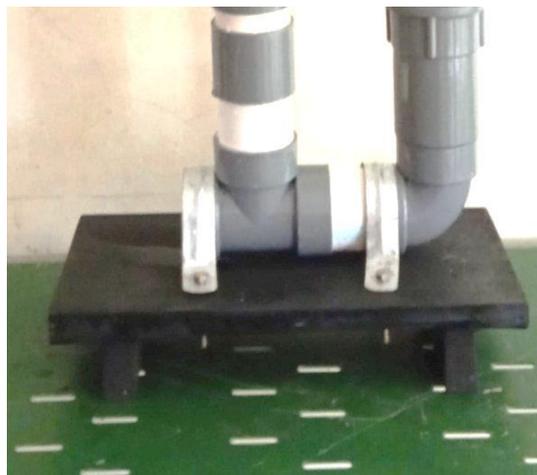
Lampiran I : Gambar Alat



Desain Pompa *Hydram*



Tabung Udara



Badan Pompa



Katup Limbah



Pipa inlet 2 inch



Pompa *Hydrum*

Lampiran II : Gambar Pengujian



Pengamatan Kerja Pompa *Hydrum*



Pengukuran *Debit* Pipa In lite

