

**PENGUJIAN POMPA *HYDRAM*
(*HYDRAULIC RAM PUMP*) MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCI**

(Laporan Tugas Akhir)

Oleh

Fikri Afifi

1905101003



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2022

**PENGUJIAN POMPA *HYDRAM*
(*HYDRAULIC RAM PUMP*) MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCI**

Oleh :

Fikri Afifi

Proyek Akhir

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

AHLI MADYA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Lampung



FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

ABSTRAK

PENGUJIAN POMPA HYDRAM (HYDRAULIC RAM PUMP) MENGUNAKAN PIPA PVC 1 INCI

Oleh:

Fikri Afifi

Air merupakan salah satu faktor yang sangat penting dan dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup. Oleh karena itu, perlu dicari dan dikembangkan suatu model teknologi irigasi yang memadai, menggunakan teknologi tepat guna, efisien, dan ekonomis sehingga dalam pengelolaannya tidak tergantung pada tenaga listrik atau bahan bakar lainnya, sebuah teknologi yang membutuhkan biaya operasional yang murah dan tidak membebani masyarakat dalam melakukan kegiatan usahanya. Salah satu teknologi irigasi yang mulai dikembangkan adalah pompa *hydraulic ram* atau biasa disebut pompa hidram.

Pompa hidraulik ram, atau hidram adalah suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dan tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara hidraulis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Pompa hidram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Cara pengujian dilakukan sebanyak dua kali yaitu pertama berdasarkan parameter massa pemberat dan yang kedua yaitu tinggi *discharge*. Untuk setiap parameter dilakukan percobaan sebanyak tiga kali yaitu pada massa pemberat 50, 100 dan 150 gram serta tinggi *discharge* 3, 4, dan 5 meter. Hasil debit yang didapatkan pada setiap variasi parameter massa pemberat adalah 0,0081 L/dtk, 0,0106 L/dtk dan 0,0319 L/dtk. Dari hasil ini dinyatakan bahwa semakin besar massa pemberat memberikan debit keluaran yang semakin besar. Sedangkan pada variasi parameter tinggi *discharge* dihasilkan 0,013 L/dtk, 0,0099 L/dtk dan 0,0097 L/dtk, artinya debit keluaran semakin kecil dengan semakin tinggi *dischargenya*.

Kata kunci : **Pompa hidram, massa pemberat, dan tinggi *discharge*.**

ABSTRACT

TESTING OF HYDRAM PUMP (HYDRAULIC RAM PUMP) USING 1 INCH PVC PIPE

By

Fikri Afifi

Water is one of the factors that is very important and needed in the human being life. Therefore, it is necessary to find and develop an irrigation technology model that is adequate, uses appropriate, efficient and economical technology so that its management does not depend on electricity or other fuels, a technology that requires low operational costs and does not burden the community in carry out its business activities. One of the irrigation technologies that has been developed is the hydraulic ram pump, also known as the hydram pump.

Hydraulic ram pump, or hydram is a device used to raise water from a low place to a higher place hydraulically with energy coming from the water itself. Hydram pumps work without using fuel or additional energy from the outside. The test method was carried out twice, namely the first based on the load mass parameter and the second, namely on the discharge height, for each parameter, three experiments were carried out for a mass of 50, 100 and 150 grams and a height of 3, 4 and 5 meters. The discharge results obtained for each variation of the mass parameter are 0.0081 L/s, 0.0106 L/s and 0.0319 L/s, it can be seen that the discharge from the three variations has increased with the increase in load mass. The variations in discharge height parameters produced 0.013 L/s, 0.0099 L/s and 0.0097 L/s. This means that higher discharge height gives lower flow rate.

Keywords : Pump, hydram pump, testing, and water discharge.

**Judul Proyek Akhir : PENGUJIAN POMPA HYDRAM
(HYDRAULIC RAM PUMP)
MENGUNAKAN PIPA PVC 1 INCI**

Nama Mahasiswa : Fikri Afifi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1905101003

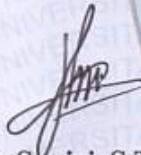
Jurusan : Diploma III Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

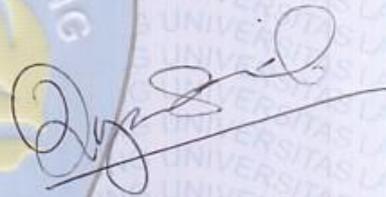
Ketua Program Studi
Diploma III Teknik Mesin

Dosen Pembimbing



Agus Sugiri, S.T., M.Eng.

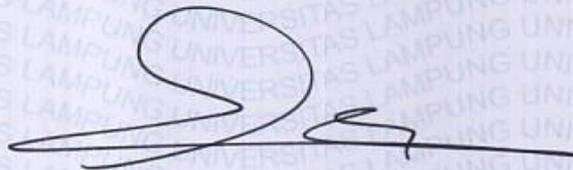
NIP : 19700804199803100



M. Dyan Susila ES., S.T., M.Eng.

NIP : 198010012008121000

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Amrul, S.T., M.T.

NIP : 197103311999031003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing : **M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.**

Penguji : **Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc

NIP.197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Proyek Akhir : **4 November 2022**

PERNYATAAN PENULIS

Proyek Akhir ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.

Yang Membuat Pernyataan

Fikri Affi

NPM.1905101003



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 05 maret 2001, merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan bapak Mat Nizar dan Lenawati Annas. Penulis menyelesaikan pendidikan SDNegeri 1 way urang Lama pada tahun 2013 dan selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di MTs Al-Fath Kota Cilegon pada tahun 2016. Kemudian pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikannya di MA Al Inayah Kota Cilegon. Sejak 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Program Diploma (PMPD).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai Anggota Bidang Minat dan Bakat Divisi Otomotif (2020 – 2021) dan menjadi Anggota Bidang Kesekretariatan (2021 – 2022).

Pada tanggal 16 Agustus hingga 26 September 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekri, Lampung Tengah dengan judul “**PERAWATAN MESIN PEREBUSAN SAWIT STERILIZER PT.PERKEBUNAN NUSANTARA VII UNIT BEKRI LAMPUNG TENGAH**”. Kemudian pada Januari tahun 2022 penulis mengerjakan Proyek Akhir dengan judul “**PENGUJIAN POMPA HIDRAM (HYDRAULIC RAM PUMP) MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCI**”. Dibawah bimbingan bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. dan dengan dosen penguji bapak Ir. Herry Wardono, Msc., IPM.

MOTTO

“Kunci kesuksesan akan diraih dengan terus belajar, diiringi dengan doa dan restu orang tua.”

“berdirilah di kaki sendiri, ketika menjalankan kehidupan dengan pahit makan telan dan rasakan sendiri jangan sampai di keluarkan di depan orang lain.”

(Mat nizar)

Ada banyak perjalanan yang sudah menjadi medan perang untuk menggapai kesuksesan itu dan hanya diri ini lah yang merasakan luka – luka yang perih dan pedih ini yang disembunyikannya lalu digantikan dengan senyuman untuk menutupi semua luka perjalanan itu.

Setiap perjalanan jangan kamu lupakan orang yang baik di sekitar mu karena hidup saling tolong menolong.

PERSEMBAHAN

*Dengan kerendahan hati ini
ku persembahkan tugas akhirku ini untuk :*

Ayah, Ibu dan Keluargaku Tercinta

Dan

-

Almamater Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

Serta

*Rekan - Rekan Teknik Mesin 2019
Terhusus D3 Teknik Mesin 2019*

SANWACANA

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir sesuai dengan waktu yang ditetapkan. Laporan Proyek Akhir ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat wajib untuk mencapai gelar Ahli Madya Teknik jenjang Diploma III Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Selain itu Proyek Akhir ini ditujukan untuk mengamati dan mengetahui secara langsung proses pengujian pompa hidram yang bermanfaat bagi masyarakat dan khususnya bagi penulis. Selama penyusunan Proyek Akhir berlangsung penulis dibantu dan diberikan saran dari berbagai pihak sehingga terealisasinya Laporan Proyek Akhir ini. Pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Amrul S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
2. Bapak Agus Sugiri, S.T., M.Eng., selaku ketua program studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Lampung.
3. Bapak M. Dyan Susila E.S, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir, atas bimbingan, masukan dan saran-saran pada penyelesaian Laporan Proyek Akhir ini.
4. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM, ASEAN Eng., selaku Dosen Penguji Proyek Akhir atas masukan dan saran-saran pada perbaikan Laporan Proyek Akhir ini.
5. Kedua Orangtua penulis, Abang, Kakak, Adik serta keluarga besar yang penulis cintai dan selalu memberikan do'a, motivasi serta semangat materil maupun moril dalam penyusunan Proyek Akhir ini.

6. Semua temen-temen D3 Teknik Mesin 2019 dan Dinda Anggraeni yang telah memberikan semangat sampai saat ini.
7. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) khususnya HIMATEM angkatan 2019 yang telah banyak memberikan dukungan dan juga semangat dalam penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari masih terdapatnya kekurangan yang ada dalam Laporan Proyek Akhir ini. Penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak agar penulis dapat berkembang dan menjadi lebih baik dari sebelumnya. Akhir kata, semoga Laporan Proyek Akhir ini dapat berguna dan dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi pembaca serta bagi penulis.

Bandar lampung, 13 Desember 2022

Penulis,

Fikri Afifi

NPM.1905101003

DAFTAR ISI

SANWACANA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan Proyek Akhir.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Air (<i>Water</i>)	4
2.2 Pompa.....	5
2.3 Klasifikasi Pompa.....	6
2.3.1 <i>Positive Displacement</i>	6
2.3.2 <i>Pompa Non Positive Displacement (Dynamic)</i>	7
2.3.3 Pompa berdasarkan kelasnya	7
2.4 Pompa <i>Hydrum (hydraulic ram)</i>	8
2.5 Bagian-bagian Pompa Hidram	9
2.6 Prinsip Kerja Pompa Hidram.....	12
2.6.1 Akselerasi.....	13
2.6.2 Kompresi.....	13
2.6.3 Penghantar.....	14
2.6.4 Recoil.....	15
2.7 Palu Air (<i>Water Hammer</i>)	15
2.8 Pengujian	17
2.9 Debit Air.....	17
BAB 3 METODOLOGI.....	19
3.1 Alat	19
3.1.1 Pompa hidram	19
3.1.2 Meteran	20

3.1.3	<i>Stopwatch</i>	20
3.1.4	Pemberat.....	21
3.1.5	Tiang penyangga	21
3.2	Bahan.....	23
3.2.1	Air	23
3.3	Prosedur Pengujian	23
3.4	Diagram alir.....	25
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1	Hasil.....	27
4.2	Pembahasan	28
BAB 5	PENUTUP	33
5.1	Kesimpulan.....	33
5.2	Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Klasifikasi Pompa.	6
Gambar 2. Dena Pompa Hidram.	9
Gambar 3. Bagian-bagian pompa hidram.	10
Gambar 4. Prinsip kerja pompa hidram.	13
Gambar 5. Skema pompa hidram proses akselerasi.	13
Gambar 6. Skema pompa hidram proses kompresi.	14
Gambar 7. Skema pompa hidram pada tahap penghantar.	14
Gambar 8. Skema pompa hidram pada tahap <i>recoil</i>	15
Gambar 9. Pompa hidram.	20
Gambar 10 Meteran.	20
Gambar 11. <i>Stopwatch</i>	21
Gambar 12. Pemberat.	21
Gambar 15. Air.	23
Gambar16. Diagram Alir Laporan Akhir.	26

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data hasil pengujian pompa hidram dengan pengaruh massa	27
Tabel 2. Data hasil pengujian pompa hidram pengaruh ketinggian.....	27

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di negara Indonesia adalah suatu negara kepulauan yang besar, mempunyai wilayah perairan besar selain itu wilayah - wilayah yang memiliki potensi akan berdekatan dengan sumber air ataupun sungai yang dapat mengalirkan air secara terus menerus. Sebagian dari lokasi berada pada bagian bawah mata air, sehingga kebutuhan akan air pada wilayah tersebut tidak menjadikan persoalan, maka dari itu air akan dengan sendirinya mengalir berasal daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah. Tetapi wilayah yang berada pada dataran lebih tinggi daripada sumber air, akan mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Selain itu permukaan tanah juga tidak selalu rata, ada wilayah yang berbukit dan cukup jauh dari sumber air tersebut.

Air ialah salah satu faktor terpenting dan sangat dibutuhkan dalam seluruh kegiatan dan kehidupan makhluk hidup. Disisi lain untuk pengembangan fisiologis makhluk hidup, air juga menjadi input bagi keberagaman suatu upaya atau kegiatan makhluk hidup dengan tujuan menghasilkan sesuatu untuk kelangsungan hidupnya. Munculnya suatu persoalan yang menyangkut mengenai air yang disebabkan oleh meningkatnya berbagai kebutuhan dan kepentingan kehidupan makhluk hidup, dan pada akhirnya berdampak terhadap terganggunya kondisi permintaan dan penyediaan air. Air ialah salah satu faktor terpenting yang sangat dibutuhkan oleh kehidupan setiap makhluk hidup. Maka dari itu, perlu untuk di cari dan diluaskan mengenai suatu model teknologi irigasi yang optimal, menggunakan suatu model teknologi tepat guna, efisien dan juga ekonomis sehingga dalam pengelolaannya tidak tergantung pada tenaga listrik atau bahan

bakar lainnya, sebuah teknologi yang membutuhkan biaya operasional yang terjangkau dan diharapkan tidak membebani masyarakat dalam melakukan kegiatan usahanya. Salah satu teknologi irigasi yang mulai dikembangkan adalah pompa *hydraulic ram* atau biasa disebut pompa hidram.

Pompa hidraulik ram, atau hidram adalah alat yang di pergunakan untuk meningkatkan dan menaikkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi secara *hidraulis* dengan menggunakan energi yang ditinjau dari air itu sendiri. Pompa hidram ini dapat bekerja tanpa menggunakan bahan bakar ataupun tambahan dari energi yang berasal dari luar. Di berbagai situasi, pompa hidram ini banyak memiliki keuntungan yang dibandingkan dengan penggunaan jenis pompa air yang lainnya. Diantaranya seperti pompa hidram tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan dari tenaga dari sumber yang lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuk dari pompa hidram sangat sederhana, dan juga biaya pembuatan dan pemeliharaannya sangat terjangkau dan tidak membutuhkan keterampilan yang tinggi untuk membuat pompa hidram. Penggunaan pompa hidram ini sangat tepat di daerah yang penduduknya memiliki keterampilan teknis yang terbatas, karena dalam pemeliharaan yang dibutuhkan cukup sederhana. Sebelum alat digunakan, pompa hidram akan dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mengetahui performa alat tersebut. Pompa hidram ini dalam pengujiannya dilakukan pengujian performa mengenai hasil debit air yang didapatkan dari pengaruh massa dan ketinggian.

1.2 Tujuan Penulisan Proyek Akhir

Adapun yang menjadi tujuan dari penulisan proyek akhir ini ialah sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian debit air yang didapatkan dari pengaruh massa pemberat.
2. Melakukan pengujian debit air yang didapatkan dari pengaruh ketinggian *pipa output*.

1.3 Batasan Masalah

Dari keseluruhan pembahasan pompa hidram, yang menjadi fokus pada pembahasan laporan tugas akhir ini ialah pengujian pompa *hydram (hydraulic pump)*.

1.4 Sistematika Penulisan

Laporan ini dibahas dan disusun secara berurutan untuk memberikan gambaran umum tentang Perancangan dan Pembuatan *Prototype* Pompa hidram menggunakan pipa PVC 1 Inch.

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang penulisan laporan, maksud dan tujuan penulisan, ruang lingkup pembahasan, metode penelitian, dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan tentang studi kasus yang diangkat dalam laporan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini menjelaskan tentang alat dan bahan/material serta alur proses pengerjaan laporan tugas akhir.

BAB IV PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan pompa *hydram (hydraulic ram pump)*.

BAB V PENUTUP

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari hasil tugas akhir.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air (*Water*)

Air ialah salah satu faktor terpenting yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan seluruh makhluk hidup. Selain digunakan untuk pengembangan fisiologis makhluk hidup, air digunakan sebagai input bagi beragam upaya atau suatu kegiatan makhluk hidup dalam tujuan untuk menghasilkan suatu untuk kelangsungan hidupnya. Munculnya suatu permasalahan yang menyangkut mengenai air yang disebabkan karena peningkatan keberagaman kebutuhan dan juga kepentingan kehidupan makhluk hidup, yang pada gilirannya berdampak terhadap terganggunya kondisi permintaan dan penyediaan air (Panjaitan dan Sitepu, 2012).

Air menjadi salah satu aspek yang paling menentukan dalam kelangsungan kehidupan di bumi dan merupakan kandungan zat terbesar di bumi yaitu sekitar sepertiga dari kandungan bumi. Air mempunyai sifat dan bentuk yang berbeda-beda, tergantung dalam kondisi apa air itu berada. Air semestinya dijadikan sebagai kebutuhan yang mutlak bagi makhluk hidup terutama bagi manusia, karena air berfungsi sangat vital. Bagi semua aspek Kehidupan manusia, untuk konsumsi langsung, pertanian, perikanan, transportasi, konstruksi dan lain-lain. Salah satu sifat air yaitu bergerak dari tempat yang memiliki elevasi lebih tinggi ketempat yang memiliki elevasi yang lebih rendah. Di Indonesia sendiri masih banyak daerah perbukitan yang sumber airnya di bawah pemukiman penduduk, untu mendapatkan kebutuhan air di daerah tersebut tentunya akan mengalami kesulitan. Untuk mendapatkan air biasanya diperlukan alat yaitu pompa (Surbakti, 2018).

2.2 Pompa

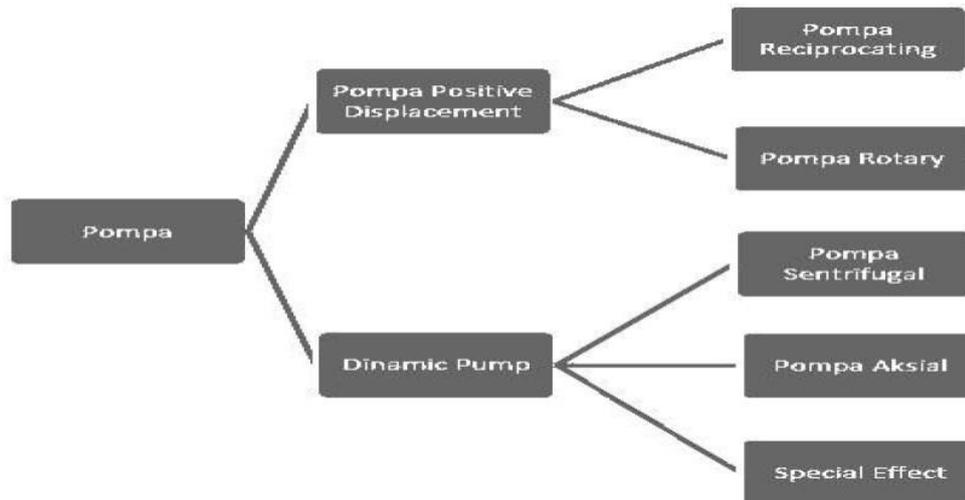
Secara umum pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan fluida tersebut. Kenaikan tekanan fluida cair tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan laju fluida. Pengaliran yang terhambat biasanya disebabkan oleh perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

Pompa memiliki prinsip kerja dengan memberikan suatu tekanan antara bagian penghisapan dan bagian tekanan dengan cara menyalurkan energi mekanis dari suatu sumber energi penggerak (motor bakar, turbin, motor listrik dan lain sebagainya) sehingga fluida dapat berpindah ke fluida kerja yang dikehendaki. Adapun fluida cair yang dikehendaki oleh pompa berupa air, minyak, maupun bahan kimia. Jenis fluida tersebut akan berpengaruh terhadap kinerja dan jenis pompa yang digunakan, karena fluida memiliki bentuk yang berbeda.

Umumnya pompa digunakan sebagai alat untuk memindahkan fluida dari suatu tempat rendah ke tempat lain yang lebih tinggi tempatnya dan lebih tinggi tekanannya ataupun untuk sirkulasi. Dalam dunia industri, pompa digunakan sebagai salah satu alat penunjang dari industri proses. Contoh penggunaan pompa pada dunia industri ialah sebagai sirkulasi cairan pendingin, memindahkan bahan mentah, bahan setengah jadi, injeksi bahan kimia, serta untuk keperluan lainnya (Setiawan, 2018).

2.3 Klasifikasi Pompa

Berdasarkan prinsip kerja dalam memindahkan cairan yang dipompakan, pompa dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:



Gambar 1. Klasifikasi Pompa (Setiawan,2018).

2.3.1 *Positive Displacement*

Pompa Positif *Displacement Pump* adalah suatu jenis pompa dimana pemindahan cairan pada saat proses kerjanya disertai dengan perubahan volume ruang kerja pompa yang ditempati oleh cairan yang berakibat adanya gesekan antara elemen yang bergerak. Saat elemen bergerak baik dengan berputar maupun dorongan, maka volume ruang kerja pompa akan berubah menjadi semakin kecil dan tekanan menjadi lebih besar, sehingga terjadi perpindahan zat cair dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.

Adapun ciri-ciri dari pompa *positive displacement* adalah sebagai berikut:

1. *Head* yang dihasilkan *relative* tinggi.
2. Kapasitas yang dihasilkan *relative* rendah.
3. Alirannya tidak *continue*.
4. Mampu beroperasi pada saluran hisap yang kering tanpa perlu dilakukan priming terlebih dahulu.

2.3.2 Pompa *Non Positive Displacement (Dynamic)*

Non Positive Displacement Pump juga disebut sebagai pompa dinamik yang mana dalam operasinya, volume ruang kerja di dalam pompa tidak berubah. Prinsip kerja pompa jenis ini yaitu dengan mengubah sebagian energi kinetik menjadi energi potensial. Menurut cara kerjanya, *Non Positive Displacement Pump* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu *Special Effect Pump* dan Pompa Sentrifugal. Adapun ciri-ciri dari pompa *Non positive displacement* adalah sebagai berikut:

1. *Head* yang dihasilkan *relative* rendah
2. Kapasitas yang dihasilkan *relatif* tinggi.
3. Alirannya *continue*.
4. Tidak mampu beroperasi pada saluran hisap yang kering sehingga perlu dilakukan *priming* terlebih dahulu

2.3.3 Pompa berdasarkan kelasnya

Bila ditinjau berdasarkan kelasnya, pompa dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu *impeller* atau lebih yang dilengkapi dengan sudu-sudu pada poros yang dipasangkan pada poros yang berputar dan diselubungi dengan *casing* berbentuk *volut*.

2. Pompa *rotary*

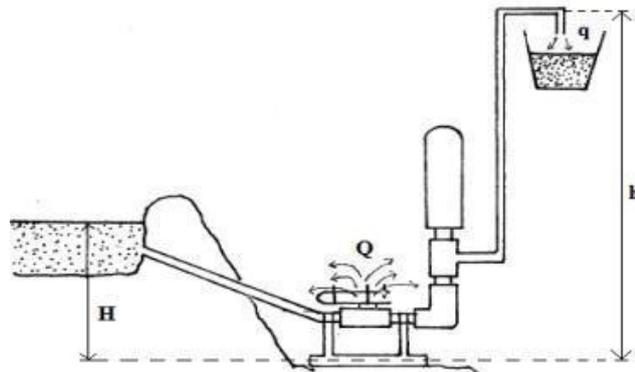
Pompa *rotary* adalah unit perpindahan positif yang mana, pemompaannya yang utama disebabkan oleh pergerakan yang relatif diantara gerakan memutar dan tetap dari komponen pompa. Pada pompa jenis ini umumnya terdiri atas rumah pompa yang diam yang mempunyai roda gigi, baling-baling, piston, *cam*, *segmen*, sekrup dan lain sebagainya, yang dimana beroperasi di dalam ruangan bebas yang sempit.

3. Pompa *reciprocating*

Pompa *reciprocating* adalah suatu unit pompa yang perpindahan positif dimana mengeluarkan cairan dalam jumlah yang terbatas pada pergerakan piston atau plunyer sepanjang langkahnya.

2.4 Pompa *Hydrum (hydraulic ram)*

Pompa hidram atau singkatan dari *hidraulic ram* berasal dari kata *hidro* = air(cairan), dan *ram* = hantaman, pukulan atau tekanan, sehingga terjemahan bebasnya menjadi tekanan air. Jadi pompa *hydrum* adalah suatu pompa yang memiliki energi atau tenaga penggerak yang berasal dari tekanan atau berupa hantaman air yang masuk ke dalam pompa melalui pipa. Pristiwa masuknya air yang bermula dari berbagai sumber ke dalam pompa harus berjalan secara berkelanjutan. Dalam alat ini sederhana dan sangat efektif digunakan pada saat kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang digunakan untuk menggunakannya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik yang dapat ditimbulkan dapat mengalirkan air dari ketinggian *vertical (head)* dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi. Penggunaan alat ini tidak terbatas hanya pada penyediaan air yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, tetapi juga dapat dipergunakan untuk pertanian, 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 (Fane., Dkk, 2012).

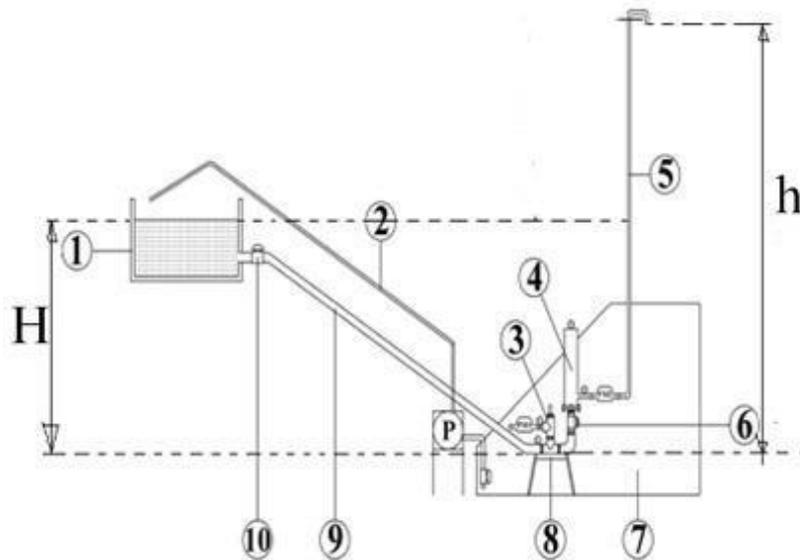


Gambar 2. Dena Pompa Hidram (Murni., Dkk, 2016).

Pompa hidram bekerja dengan cara memanfaatkan energi potensial pada air dalam pipa lurus kemudian menjadi tekanan dinamis yang berakibat tercipta hantaman air sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pompa. Dengan tekanan tinggi tersebut, maka air dapat dihantarkan ke permukaan yang lebih tinggi. Pompa tersebut bekerja tanpa digerakkan oleh manusia dan tidak membutuhkan energi listrik maupun bahan bakar minyak begitu pula dengan perawatannya yang sangat sederhana dan juga mampu beroperasi selama 24 jam (Setyawan, 2002).

2.5 Bagian-bagian Pompa Hidram

Pompa hidram merupakan alat yang digunakan untuk meninggikan air ke tempat yang lebih tinggi atau pompa energi yang penggerakannya tidak menggunakan bahan bakar minyak ataupun listrik, tetapi secara otomatis dengan menggunakan energi kinetik yang berasal dari air itu sendiri. Oleh karena itu, air ini dialirkan dari berbagai sumber atau tampungan air ke dalam pompa hidram melalui pipa inlet dengan posisi pompa yang lebih rendah dari sumber air yang di tampung tersebut. Bagian-bagian dari pompa hidram dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian-bagian pompa hidram (Surbakti, 2018).

Keterangan gambar pompa hidram menurut Junahip (2019) sebagai berikut :

1. Tangki air (*reservoir*)

Tangki air (*reservoir*) merupakan wadah penampungan air, digunakan sebagai sumber air yang memiliki debit tertentu untuk menggerakkan katup buang pada pompa hidram.

2. Pipa sirkulasi

Pipa sirkulasi merupakan suatu pipa yang berfungsi untuk mensirkulasikan air yang terbuang dari katup buang ke tangki air menggunakan pompa sirkulasi.

3. Katup buang (*waste valve*)

Katup buang (katup limbah) merupakan katup pembuangan air sisa (limbah) yang memiliki fungsi untuk memancing pergerakan air yang bersumber dari bak atau penampungan air sehingga dapat menimbulkan aliran air yang bekerja sebagai sumber daritenaga pompa. Katup limbah adalah salah satu bagian terpenting dari hidraulik *ram*, dan harus dirancang dengan seksama sehingga berat dan juga jarak antara lubang katup dengan karet katup yang lumayan jauh, oleh karena itu memungkinkan kecepatan dari aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada

saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang lebih besar dan menimbulkan efek palu air (*water hammer effect*).

Katup limbah yang ringan dan gerakan yang pendek akan memberikan pukulan atau Ketukan yang lebih cepat dan menyebabkan hasil pemompaan lebih besar pada tinggi pemompaan yang rendah.

4. Tabung udara (Tabung Kompresor)

Tabung kompresor berfungsi sebagai meneruskan dan melipat gandakan tenaga dari pemompaan, sehingga air yang masuk kedalam tabung kompresor dapat dipompanaik. Ruang udara ini harus dibuat serapat mungkin untuk memampatkan udara-udara dan menahan suatu tegangan dari siklus ram, dan memungkinkan aliran air ini secara tetap melalui pipa pengantar dan akan kehilangan tenaga karena gesekannya diperkecil.

Apabila ruang udara sudah terpenuhi air, ramakan bergetar keras dan dapat mengakibatkan ruang udara yang ada pecah, apabila hal ini kemungkinan terjadi maka ram harus dihentikan dengan segera. Dari beberapa ahli pun menyarankan bahwa volume ruang udara ini harus sama dengan volume air di dalam pipa pengantar. Pada pipa pengantar yangpanjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancang ruang udara dengan ukuran yang kecil.

5. Pipa penghantar

Hidraulikram dapat memompa air pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan menggunakan pipa penghantar yang panjang akan menyebabkan *ram* harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa penghantar dapat dibuat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat pipa tersebut dapat menahan tekanan air.

6. Katup penghantar

Katup ini menghantarkan air dari pompa ketabung udara serta menahan air yang telah masuk agar tidak kembali ke rumah pompa. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan

air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Katup ini dapat dibuat dengan bentuk yang sederhana yang dinamakan katup searah (*non return*).

7. Tangki penampung

Tangki penampung merupakan tangki yang berfungsi untuk menampung air yang terbuang dari katup buang dan akan disirkulasikan ke tangki input.

8. Dudukan pompa

Dudukan pompa berfungsi untuk menopang beban pompa dan menjaga agar pompa tidak bergeser.

9. Pipa *inlet*

Pipa ini berfungsi sebagai jalan masuknya air yang akan menggerakkan suatu katup buang dengan debit tertentu.

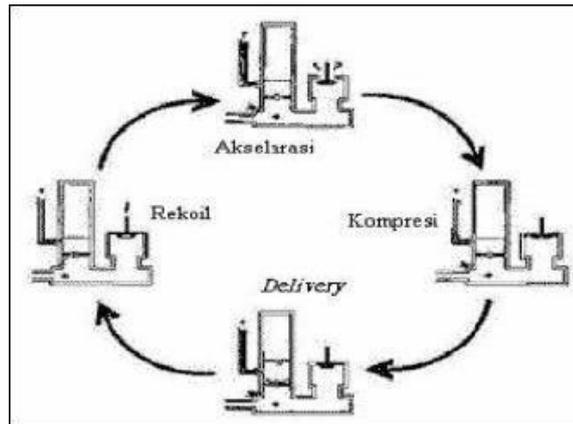
10. H = Tinggi permukaan reservoir.

11. h = Tinggi pipa penghantar. (Junahip, 2019)

2.6 Prinsip Kerja Pompa Hidram

Menurut (Murni., Dkk, 2016) 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 kinetis 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.

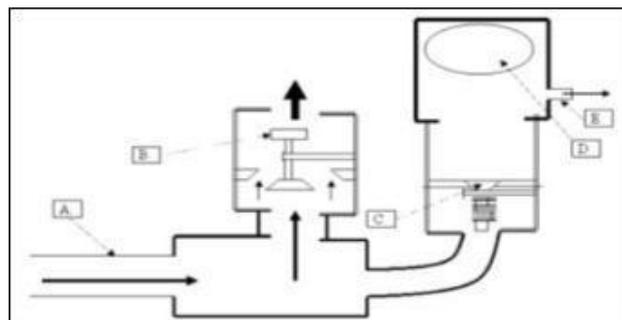
Cara kerja pompa hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prinsip kerja pompa hidram (Murni, dkk., 2016).

2.6.1 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. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 5.

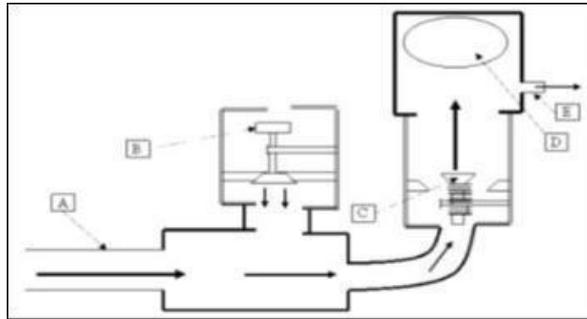


Gambar 5. Skema pompa hidram proses akselerasi (Murni, dkk., 2016).

2.6.2 Kompresi

Saat kompresi, air memenuhi badan pompa. Ketika air telah mencapai nilai tertentu, klep buang terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Pada saat

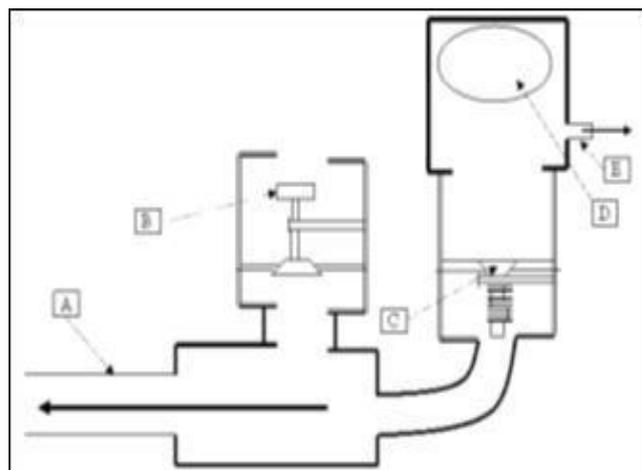
pintu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba kesagala arah yang kemudian mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya klep buang terjadi sangat cepat. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema pompa hidram proses kompresi (Murni, dkk., 2016).

2.6.3 Penghantar

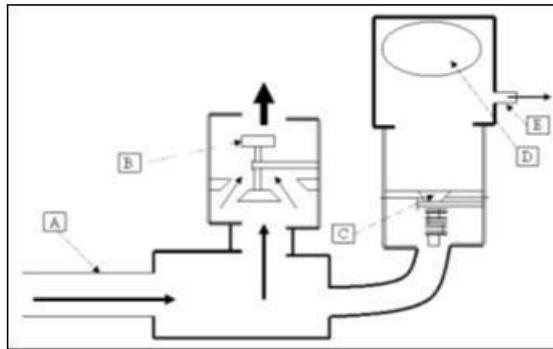
Pada tahapan yang ketiga ini, keadaan klep buang masih tetap tertutup. Penutupan klep yang secara tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis yang terjadi pada pipa masuk. Kemudian dengan cepat klep tekan terbuka sehingga sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara yang ada pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan dan mendorong air keluar melalui pipa penyalur. Seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema pompa hidram pada tahap penghantar (Murni, dkk., 2016).

2.6.4 Rekoil

Klep tekan tertutup dan tekanan di dekat klep tekan masih lebih besar dari pada 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 pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema pompa hidram pada tahap *recoil* (Murni, dkk., 2016).

2.7 Palu Air (*Water Hammer*)

Palu air terjadi karena adanya air dari *reservoir* dialirkan melalui pipa secara tiba-tiba dihentikan oleh suatu penutupan katup, maka energi potensial akan berubah menjadi energi kinetik, sehingga serangkaian gelombang tekanan positif dan negatif akan bergerak maju mundur di dalam pipa sampai terhenti akibat gesekan. Pompa hidram bekerja berdasarkan palu air, ketika suatu aliran fluida dalam pipa dihentikan secara tiba-tiba misalnya dengan menutup katup dengan sangat cepat, sehingga akan membentur katup dan menimbulkan tekanan yang melonjak disertai fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat. Sebagian gelombang tekanan tersebut akan menjadi arus balik ke arah reservoir dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada sistem pompa sehingga klep penghantar tertutup kembali sedangkan klep limbah membuka kembali. Akibat

dari pembebasan gelombang tekanan tersebut kembali lagi arus massa air dari reservoir menuju pompa akan menekan naik klep limbah sehingga terjadi penutupan tiba-tiba yang mengakibatkan terjadi proses palu air. Proses yang terjadi berulang-ulang inilah yang mendorong naik air ke pipa penghantar untuk kemudian diteruskan ke bak penampung (Fane, 2012)

Mekanisme terjadinya palu air Palu air terjadi dalam conduit-tertutup yang dialiri penuh bila terdapat perlambatan atau percepatan aliran, seperti pada perubahan yang terjadi dengan dibukanya sebuah katup pada jalur pipa. Jika perubahan terjadi secara berangsur-angsur, perhitungannya dapat dilaksanakan dengan metode lonjakan dengan memandang cairannya sebagai tak mampu-mampat dan konduktivitasnya tegar. Bila sebuah katup pada jalur pipa ditutup secara cepat pada waktu aliran berlangsung, berkurangnya aliran melalui katup dan menyebabkan merambatnya suatu pulsa tekanan tinggi ke hulu dengan kecepatan gelombang sonik. Pulsa tekanan ini akan memperkecil kecepatan aliran. Di sebelah hilir katup tekanan berkurang, dan suatu gelombang tekanan merendah melintas ke hilir dengan kecepatan a , yang juga memperkecil kecepatan. Jika penutupnya cukup dan tekanan sedianya cukup rendah, maka dapat berbentuk gelembung uap di sebelah hilir katup. Bila hal ini terjadi, rongga tersebut akhirnya mengempes dan menimbulkan gelombang tekanan tinggi ke hilir.

Pada pipa yang dihubungkan dengan pompa, gejala palu air ini juga dapat terjadi. Misalnya, pompa listrik yang sedang bekerja tiba-tiba mati, maka aliran air akan terhalang impeler sehingga mengalami perlambatan yang mendadak. Disini terjadi lonjakan tekanan pada pompa dan pipa, seperti peristiwa menutupnya katup secara tiba-tiba. Besarnya lonjakan tekanan akibat palu air tergantung pada laju kecepatan aliran. (Suarda, 2008).

Perhitungan palu air Penelitian yang dilakukan pada pompa dewasa ini telah menghasilkan berbagai formula mengenai palu air. Peningkatan head tekanan yang terjadi akibat penutupan katup secara tiba-tiba dapat ditentukan dengan persamaan Joukowski (Torishima, 1968). Persamaan yang digunakan yaitu:

$$\Delta H_P = \frac{c(v_1 - v_2)}{g} \quad (1)$$

Dimana :

- ΔHP : kenaikan *head* tekanan (m).
- v_1 : kecepatan aliran air di dalam pipa sebelum *valve* menutup (m/s).
- v_2 : kecepatan aliran air di dalam pipa sesudah *valve* menutup (m/s).
- C : kecepatan gelombang suara di dalam air (m/s).
- g : percepatan gravitasi (m/s²).

2.8 Pengujian

Pengujian merupakan suatu kegiatan yang dilakukan oleh seseorang penguji, pengujian sendiri memiliki maksud dan tujuan yang berbeda beda tergantung dari bentuk pengujian yang dilakukan. Salah satu bentuk dari pengujian adalah pengujian produk atau pengujian konsep produk, dimana pengujian ini merupakan suatu kegiatan yang ada di dalam salah satu tahap pengembangan produk. Sebelum diproduksi massal dan dipasarkan, sebuah produk atau inovasi baru, terlebih dahulu harus dilakukan suatu pengujian, dimana hasil pengujian tersebut akan digunakan untuk mendapatkan umpan balik dari kelompok konsumen yang menjadi sasaran. Dengan pengujian produk ini maka akan memperoleh tanggapan dari konsumen mengenai produk yang dibuatnya, dengan demikian pembuat produk akan memperoleh gambaran meyakinkan terhadap produk tersebut, apakah produk tersebut sesuai dengan permintaan atau tidak sesuai, agar produk tersebut dapat dikembangkan lebih lanjut.

2.9 Debit Air

Debit adalah volume air yang mengalir per satuan waktu. Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan limpasan air hujan dari titik terjauh menuju titik kontrol yang ditinjau. Pengukur kecepatan aliran air dapat dijadikan sebagai sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi neraca air suatu kawasan melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada. Debit aliran merupakan satuan untuk mendekati nilai-nilai hidrologis proses yang terjadi di lapangan. Kemampuan pengukuran debit aliran sangat diperlukan untuk mengetahui potensi

sumberdaya air di suatu wilayah. Debit aliran dapat dijadikan sebuah alat untuk memonitor dan mengevaluasi neraca air suatu kawasan melalui pendekatan potensi sumber daya air permukaan yang ada (Neno & Wahid, 2016).

Apabila aliran yang kita ukur adalah luapan atau pancuran yang relative kecil untuk mendapatkan debit air dilakukan dengan cara menampung limpahan air itu pada interval waktu tertentu (t) lalu menghitung volume air (V) dengan cara memakai gelas ukur, sehingga suatu debit aliran dapat di formulasikan antara lain (Putra, dkk., 2020) :

$$Q = V/t \quad (2)$$

Dimana:

Q = debit suatu aliran (m³/s)

V = volume suatu air (m³)

t = waktu (s)

BAB 3

METODOLOGI

3.1 Alat

Adapun alat yang digunakan dalam pembuatan pompa hidram pipa 1 inci adalah sebagai berikut:

3.1.1 Pompa hidram

Pompa hidraulik ram, atau hidram adalah suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dan tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara hidraulis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Lebih jelasnya yakni pompa air yang bergerak dengan tenaga air itu sendiri dan tidak membutuhkan bahan bakar atau tenaga lain.



Gambar 9. Pompa hidram.

3.1.2 Meteran

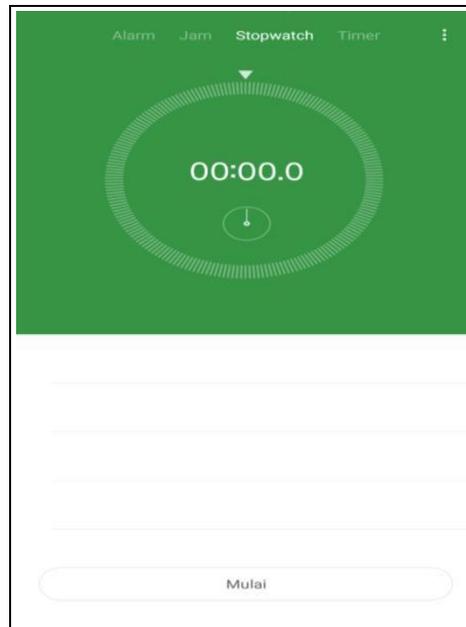
Meteran digunakan untuk mengukur panjang pipa yang akan dipotong, mengukur tinggi *head*, dan lain sebagainya.



Gambar 10 Meteran.

3.1.3 Stopwatch

Stopwatch merupakan sebuah alat ukur yang digunakan sebagai pengukur waktu, dalam penelitian pengujian pompa hidram, *stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu pada proses pengujian.



Gambar 11. *Stopwatch*.

3.1.4 Pemberat

Mata bor *hole saw* ini digunakan untuk melubangi/membuat diameter lubang drat *pressure gauge*.



Gambar 12. Pemberat

3.1.5 Tiang penyangga

Tiang penyangga adalah alat yang digunakan untuk menopang adah penampungan air dan selang.



Gambar 13. Tiang penyangga

3.1.6 Gelas ukur plastik

Gelas ukur adalah peralatan laboratorium umum yang digunakan untuk mengukur volume cairan. Alat ini memiliki bentuk silinder dan setiap garis penanda pada gelas ukur mewakili jumlah cairan yang telah terukur.



Gambar 14. Gelas ukur plastik

3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam pembuatan pompa hidram adalah sebagai berikut:

3.2.1 Air



Gambar 15. Air

3.3 Prosedur Pengujian

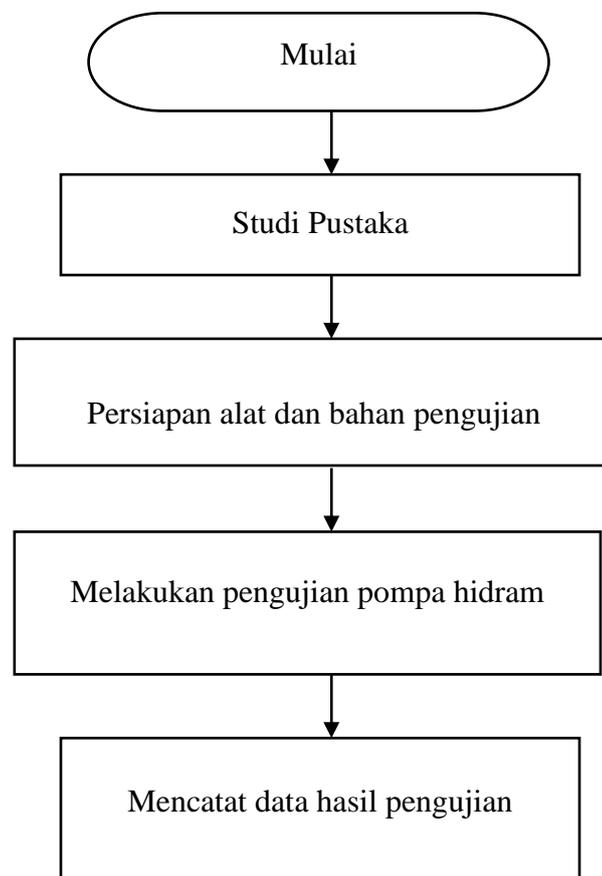
Adapun prosedur pelaksanaan pengujian pompa hidram menggunakan pipa PVC 1 inci adalah sebagai berikut :

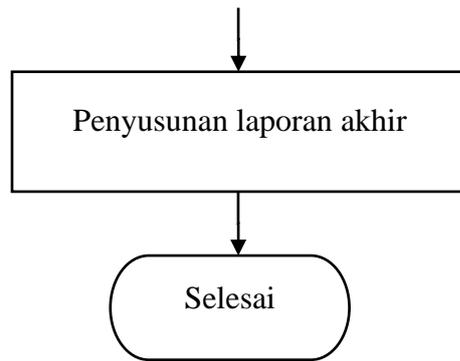
1. Menyiapkan alat dan bahan. [(Alat : Gambar 9. Pompa Hidram, Gambar 10. Meteran, Gambar 11. *Stopwatch*, Gambar 12. Pemberat, Gambar 13. Tiang Penyangga, Gambar 14. Gelas Ukur) (Bahan : Gambar 15. Air)]
2. Memilih dan memastikan aliran sungai memiliki energi potensial yang tinggi. (Gambar 15. Air)
3. Memasang pipa input dan selang output ke pompa hidram. (Gambar Lampiran 1 dan gambar lampiran 5)
4. Meletakkan pipa input ke dasar aliran sungai yang deras. (Gambar lampiran 1)
5. Memasang massa (pemberat) pada katup. (Gambar 12. Pemberat)

6. Mengatur dan mengetes katup hingga dapat beroperasi dan menaikkan air hingga ujung selang. (Gambar lampiran 2 dan gambar lampiran 3)
7. Melakukan percobaan pertama menggunakan variasi massa 50 gram, 100 gram dan 150 gram menggunakan ketinggian pipa output 6 meter dalam waktu 30 detik. (Tabel 4.1, data hasil pengujian pompa hidram dengan pengaruh massa)
8. Melakukan percobaan masing-masing variasi tiga kali percobaan. (Tabel 4.1, data hasil pengujian pompa hidram dengan pengaruh massa)
9. Melihat air output pada gelas ukur dan Mencatat data hasil pengujian.(Gambar lampiran 4, tabel 4.1, data hasil pengujian pompa hidram dengan pengaruh massa dan tabel 4.2, data hasil pengujian pompa hidram pengaruh ketinggian)
10. Melakukan percobaan kedua menggunakan variasi ketinggian 3m 4m dan 5m dengan massa 150gr dalam waktu 1menit. (Tabel 4.2, data hasil pengujian pompa hidram pengaruh ketinggian)
11. Melakukan percobaan masing-masing variasi tiga kali percobaan. (Tabel 4.2, data hasil pengujian pompa hidram pengaruh ketinggian)
12. Melihat air output pada gelas ukur dan Mencatat data hasil pengujian. (Gambar lampiran 4)
13. Menganalisis dan menghitung nilai rata-rata dari hasil pengujian. (Tabel 4.1, data hasil pengujian pompa hidram dengan pengaruh massa dan Tabel 4.2, data hasil pengujian pompa hidram pengaruh ketinggian)
14. Pengujian selesai. (Gambar lampiran 6, Dokumentasi Pengujian)

3.4 Diagram alir

Alur proses pengerjaan laporan akhir tentang pengujian pompa hidram menggunakan pipa PVC 1 inci disusun berdasarkan Gambar diagram alir berikut:





Gambar16. Diagram Alir Laporan Akhir

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian pompa *hydram* (*hydraulic ram pump*) yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Debit air rata-rata yang dihasilkan dari pengaruh massa pemberat 50 gram, 100 gram, 150 gram adalah sebesar 0,0081 liter/detik, 0,0106 liter / detik, 0,0319 liter/detik. Jadi semakin besar massa pemberat yang digunakan maka akan semakin besar juga debit air yang ddihasilkan.
2. Debit air yang dihasilkan dari pengaruh *discharge* 3 meter, 4 meter, 5 meter, adalah sebesar 0,0130 liter/detik, 0,0099 liter/detik, 0,0097 liter/detik. Jadi semakin tinggi *discharge* maka akan semakin rendah debit air yang dihasilkan.

5.2 Saran

Adapun saran-saran yang di berikan untuk orientasi ke depan ialah sebagai berikut :

1. Sebaiknya pada pipa inlet dipasang filter atau penyaring air agar kotoran tidak masuk kedalam komponen pompa hidram.
2. Sebaiknya tabung pompa hidram menggunakan kapasitas yang lebih besar sesuai dengan tekanan air yang masuk

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Kamal Neno, H. H., & Wahid, A. (2016). Hubungan debit air dan tinggi muka air di sungai lambagu kecamatan tawaeli kota palu. *Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Tadulako, WARTA RIMBA ISSN, 2406-8373*.
- Fane, D. S., Sutanto, R., & Mara, M. (2012). Pengaruh Konfigurasi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. *Dinamika Teknik Mesin, 2(2)*.
- Junahip, J. (2019). Rancang Bangun Pompa Hidram Sistem Dua Katup Limbah Dengan Satu Tabung Udara Untuk Mengalirkan Air Di Dusun Nangka Rempek, Desa Bayan (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- Panjaitan, D. O., & Sitepu, T. (2012). Rancang Bangun Pompa Hidram Dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara Dan Panjang Pipa Pemasukan Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. *e-Dinamis, 2(2)*.
- Putra, R. F. A., Saves, F., Rochmah, N., & Ratri, I. W. 2020. Analisis Debit Air Andalan PDAM di Daerah Zona 5 Wilayah Surabaya Barat Pertumbuhan Penduduk Tahun 2028. *Jurnal EXTRAPOLASI P-ISSN, 1698, 8259*.
- Setiawan, A. E. (2002). Pengaruh Berat Katup Limbah Dan Ketinggian Discharge Terhadap Kinerja Pompa Hidram Aris Eko Setyawan Indra Herlamba Siregar.

Suarda, M. dan Wirawan, IKG. (2008). Kajian Eksperimental Pengaruh TabungUdara Pada Head Tekanan Pompa Hidram. Jurnal Teknik Sipil.Universitas Udayana.

Surbakti, F. R. (2018). Analisis Head Loss Pipa Inlet Pompa Hidram Terhadap Debit yang Dihasilkan.

Torishima. (1968). Torishima Pump Hand Book. Toridhima Pump. MFG.

Vokasi, F. (2018). Perencanaan Ulang Instalasi High Pressure Boiler Feed Pump Pada Blok Iii Pltgu Pt . Pjb Up Boiler Feed Pump At Block Iii Pltgu Pt . Pjb Up Gresik.