PEMBUATAN *PROTOTYPE* POMPA *HYDRAM* *(HYDRAULIC RAM PUMP)* MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCH

(Proyek Akhir)

Oleh

ALFA FUAD

1905101004

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2022

PEMBUATAN *PROTOTYPE* POMPA *HYDRAM* *(HYDRAULIC RAM PUMP)* MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCH

Oleh

ALFA FUAD

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

PEMBUATAN *PROTOTYPE* POMPA *HYDRAM* *(HYDRAULIC RAM PUMP)* MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCH

Oleh

ALFA FUAD

Indonesia adalah negara kepulauan yang mempunyai wilayah perairan besar. Selain itu banyak pula yang berdekatan dengan sumber air atau sungai yang mengalirkan air terus menerus. Daerah yang berada pada dataran tinggi tentu akan mengalami kesulitan memenuhi kebutuhan air sehari-hari jika sumber air berada di bawah pemukiman. Dalam hal tersebut dapat di atasi dengan alat bantu yaitu pompa. Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari dataran rendah ke dataran yang lebih tinggi. Umumnya pompa memerlukan suatu penggerak seperti motor listrik, motor bakar, turbin dan lain sebagainya. Tentunya hal tersebut memerlukan biaya operasional yang cukup mahal. Oleh karena itu, masyarakat perlu suatu alat yang ekonomis dalam segi operasional yaitu pompa hidram.

Pompa hidram merupakan pompa air yang dirancang sesederhana mungkin tidak memerlukan energi tambahan seperti motor listrik, motor bakar, turbin, dan lain sebagainya. Pompa hidram ini adalah pompa yang sepenuhnya menggunakan energi dari air itu sendiri. Sehingga dalam segi biaya pembuatan dan operasionalnya terbilang murah. Pembuatan pompa hidram dengan bahan PVC 1 inch bertujuan untuk membantu masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air, baik untuk dikonsumsi maupun untuk kebutuhan pertanian.

Kata Kunci : Pompa, *Prototype* Pompa Hidram, Pertanian.

ABSTRAK

MAKING PROTOTYPE HYDRAM PUMP (HYDRAULIC RAM PUMP) USING 1 INCH PVC PIPE

By

ALFA FUAD

Indonesia is an archipelagic country which has large territorial waters. In addition, there are also many adjacent to water sources or rivers that drain water continuously. Areas located in the highlands will certainly have difficulty meeting their daily water needs if the water source is below the settlement. In this case, it can be overcome with the help of a pump. A pump is a device used to move fluid from lowlands to higher ground. Generally, the pump requires a drive such as an electric motor, combustion motor, turbine and so on. Of course, this requires quite expensive operational costs. Therefore, the community needs a tool that is economical in terms of operations, namely a hydraulic ram pump.

A hydraulic ram pump is a water pump that is designed as simple as possible without requiring additional energy such as electric motors, combustion engines, turbines, and so on. This hydram pump is a pump that completely uses energy from the water itself. So in terms of manufacturing and operating costs are relatively cheap. The purpose of making a hydraulic ram pump with 1 inch PVC material is to assist the community in meeting their water needs, both for consumption and for agricultural needs.

Keyword: Pump, Hydram Pump Prototype, Agriculture

Judul Proyek Akhir	: **PEMBUATAN *PROTOTYPE* POMPA *HYDRAM (HYDRAULIC RAM PUMP)* MENGGUNAKAN PIPA PVC 1 INCH**
Nama Mahasiswa	: *Alfa Fuad*
Nomor Pokok Mahasiswa	: **1905101004**
Jurusan	: **Diploma III Teknik Mesin**
Fakultas	: **Teknik**

MENYETUJUI

Ketua Program Studi Diploma III Teknik Mesin	Dosen Pembimbing
Agus Sugiri, S.T., M.Eng. **NIP : 197008041998031001**	**M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng.** **NIP : 198010012008121001**

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 : **A.Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc
NIP.197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Proyek Akhir : **09 Maret 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

Alfa Fuad
NPM. 1905101004

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 24 Agustus 2000 sebagai anak kedua dari dua bersaudara di desa Mulyohaji, Anak Tuha, Lampung Tengah. Anak dari bapak Sariyono dan ibu Supriyati. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) Negeri 3 Haji Pemanggilan pada tahun 2013. Selanjutnya penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Krida Wacana pada tahun 2016. Kemudian pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikannya di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Seputih Agung. Dan sejak 2019 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Program Diploma (PMPD).

Selama menjadi mahasiswa penulis menjadi anggota Unila Robotic Otomasi (URO) periode 2019-2020. Selanjutnya penulis menjadi Wakil Ketua Umum di organisasi Keluarga Mahasiswa Nahdlatul Ulama Universitas Lampung (KMNU UNILA) periode 2020-2021. Kemudian pada periode 2020-2021 juga penulis menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Divisi Bidang Kerohanian. Selanjutnya pada tanggal 02 Agustus hingga 02 September 2021 penulis melaksanakan Kerja Praktik (KP) di PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Bekri, Desa Sinar Banten, Bekri, Lampung Tengah.

Sejak bulan Oktober 2021 penulis mulai mengerjakan Proyek Akhir tentang Pembuatan *Prototype* Pompa Hidram (*Hidraulic Ram Pump*) Mengguanakan Bahan Pipa PVC 1 Inch. Penulis mengerjakan Proyek Akhir di bawah bimbingan bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng., dan dengan dosen penguji bapak A. Yudi Eka Risano, S.T., M.Eng.

MOTTO

“Jangan takut untuk bersaing, profesi boleh sama tetapi soal hasil dan rezeki kita berbeda”

(Alfa Fuad)

“Di dalam kehidupan pasti ada kesulitan. Menyerah itu hanyalah untuk orang yang tidak ingin sukses”

(Alfa Fuad)

“Saya percaya bahwa hampir setengah hal yang membedakan pengusaha sukses dengan mereka yang tidak hanyalah ketekunan”

(Steve Jobs)

“Saya tahu bahwa jika saya gagal, saya takkan menyesalinya, tetapi saya tahu satu-satunya yang akan saya sesali adalah jika saya tidak mencoba”

(Jeff Bezos)

"Harta dan anak-anak adalah perhiasan kehidupan dunia tetapi amal kebajikan yang terus-menerus adalah lebih baik pahalanya di sisi Tuhanmu serta lebih baik untuk menjadi harapan."

(QS. Al-Kahf 18: Ayat 46)

PERSEMBAHAN

Dengan kerendahan hati

ku persembahkan skripsiku ini untuk :

Ayah, Ibu dan Keluargaku Tercinta

Dan

Almamater

Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

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 pembuatan 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 Prof. Dr. Karomani, M.Si., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Amrul S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.
4. Bapak Agus sugiri S.T., M.Eng., selaku ketua program studi Diploma III Teknik Mesin Universitas Lampung.
5. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T.M.Eng., selaku Dosen Pembimbing Proyek Akhir atas kesediaannya memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian Laporan Proyek Akhir ini.
6. Bapak A.Yudi Eka Risano, S.T, M.Eng., selaku Dosen Penguji Proyek Akhir. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar Laporan Proyek Akhir terdahulu.
7. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung atas ilmu yang telah diberikan selama penulis melaksanakan studi, baik materi akademik maupun motivasi.

8. 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.
9. Buat teman-teman seperjuangan kelas konversi energi Nurazizah, Fikri, Maulana, Rahmad, Rinu, Dhiemas, Andrika. Terkhusus temen-temen D3 Teknik Mesin Ariq, Awi, Mukti, Imam, Yogi, Indra, Widayu, Yahya, Hamim, Farid, Racmat, Tedi, Andi, dan Yoko. Terimakasih atas dukungan dan motivasinya, jangan lupa dengan almamater teknik mesin yang telah di patri, dan di tempa di dalam jiwa *"Solidarity M Forever"* .
10. Semua temen-temen Teknik Mesin 2019 yang telah memberikan semangat sampai saat ini.
11. Buat teman-teman organisasi Fazri, Leni, Maul, Rany, Bella, Atin, Siska, Happy, Vevy, Saad, Dedi, Degit, Ajeng, Ajeng ambar dan semua anggota KMNU 2019. Tetap menjadi temen ngeluh senang maupun duka dan tetap dalam misi menghijaukan kampus UNILA.
12. Buat teman sekaligus penyemangat Fersiana, terimakasih sudah bersedia menjadi teman yang baik, menyemangati dan memberikan motivasi untuk tetap semangat. Jangan berubah dan tetap menjadi sosok yang ku kenal.
13. 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 khususnya.

Bandar lampung, 30 Maret 2022
Penulis,

Alfa fuad

DAFTAR ISI

Halaman

SANWACANA i

DAFTAR ISI iii

DAFTAR TABEL vi

DAFTAR GAMBAR vii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Tujuan Penulisan Proyek Akhir 3

1.3 Batasan Masalah 3

1.4 Sistematika Penulisan 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Air (*Water*) 5

2.2 Pompa 5

2.3 Klasifikasi Pompa 6

2.3.1 *Positive Displacement* 7

2.3.2 Pompa *Dynamic* 7

2.3.3 Pompa Berdasarkan Kelasnya 8

2.4 Pompa Hidram 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 Rekoil 14
2.7 *Water Hammer* 15
BAB 3 METODOLOGI 17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 17
3.1.1 Tempat Proyek Akhir 17
3.1.2 Waktu Pelaksanaan Proyek Akhir 17
3.2 Alat 17
3.3 Bahan 19
3.4 Diagram Alir 26
BAB 4 PEMBAHASAN 27
4.1 Rancangan Pompa Hidram 27
4.2 Parameter Rancang Bangun Pompa Hidram 28
4.3 Perancangan Konsep Produk 29
4.3.1 Desain Pompa Hidram 29
4.3.2 Desain Katup 30
4.3.3 Memodifikasi Tusen Katup 31
4.3.4 Tabung Udara 33
4.4 Proses akhir 34
4.4.1 Tahapan-tahapan Perakitan 34
4.5 Pengujian Pompa Hidram 36
4.6 Data Hasil Pengujian 37
4.7 Kelebihan dan Kekurangan Pompa Hidram 41
4.7.1 Kelebihan Produk 41
4.7.2 Kekurangan Produk 42

BAB 5 PENUTUP 43

5.1 Kesimpulan..... 43

5.2 Saran 44

DAFTAR PUSTAKA 45

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

Tabel 1 Deskripsi bahan-bahan pompa hidram hasil rancangan..... 27
Tabel 2 Data hasil pengujian pengaruh massa. 37
Tabel 3 Data hasil pengujian pengaruh *discharge*. 37

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

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 *recoil*. 15
Gambar 9 Gergaji besi. 17
Gambar 10 Meteran. 18
Gambar 11 Bor tangan. 18
Gambar 12 Mata bor *hole saw*. 19
Gambar 13 *Pressure gauge*. 19
Gambar 14 Pipa PVC 1 inch. 20
Gambar 15 Pipa PVC 2 inch. 20
Gambar 16 Stop kran 1 inch. 20
Gambar 17 *Shock* polos pipa 1 inch. 21
Gambar 18 *Over shock* 1 inch ke 2 inch. 21
Gambar 19 Tusen katup 1 inch. 21
Gambar 20 *Shock* L pipa 1 inch. 22
Gambar 21 *Shock* T pipa 1 inch. 22
Gambar 22 *Over shock* ½ inch ke 1 inch. 22
Gambar 23 *Shock* drat pipa 1 inch. 23
Gambar 24 Dop pipa 2 inch. 23
Gambar 25 Dop pipa ½ inch. 23

Gambar 26 *Bearing* bekas. 24
Gambar 27 *Seal tape*. 24
Gambar 28 Lem pipa. 24
Gambar 29 Baut M6. 25
Gambar 30 Diagram alir laporan proyek akhir. 26
Gambar 31 Desain 3D pompa hidram 1 inch. 28
Gambar 32 Desain rancangan pompa hidram 1 inch. 30
Gambar 33 Desain (a) katup hantar dan (b) katup buang. 31
Gambar 34 Proses pembuatan katup buang. 32
Gambar 35 Katup buang. 32
Gambar 36 Massa katup buang. 33
Gambar 37 Pembuatan tabung hampa. 34
Gambar 38 Pemotongan pipa 1 inch. 34
Gambar 39 Posisi katup buang dan katup hantar. 35
Gambar 40 Penempatan instalasi *pressure gauge* 35
Gambar 41 Pompa hidram 1 inch. 36
Gambar 42 Grafik hasil pengujian pengaruh massa. 39
Gambar 43 Grafik hasil pengujian pengaruh *discharge*. 40

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah salah satu negara kepulauan yang besar dan juga mempunyai wilayah perairan yang besar. Selain itu, tidak sedikit wilayah-wilayah yang berdekatan dengan sumber mata air atau sungai yang mengalirkan air terus menerus. Sebagian lokasi permukiman berada pada bawah sumber mata air, sehingga kebutuhan air wilayah tersebut tidak menjadikan persoalan, karena air dengan sendirinya akan mengalir dari daerah yang tinggi ke daerah yang lebih rendah. Tetapi jika sebaliknya, wilayah yang berada pada dataran lebih tinggi daripada sumber air, tentu akan mengalami kesulitan untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari.

Air mutlak menjadi suatu kebutuhan yang penting bagi makhluk hidup di bumi, terutama bagi kehidupan manusia dan hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Di samping itu air juga merupakan salah satu sumber tenaga yang disediakan oleh alam, dapat digunakan sebagai pembangkit tenaga mekanis. Dalam sector kebutuhan ternyata masih banyak daerah di pedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kegiatan pertanian. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air, baik yang digerakkan oleh tenaga listrik maupun oleh tenaga diesel telah lama dikenal oleh masyarakat desa. Tetapi hal itu menjadikan operasional sehari-hari sangat besar karena harga pompa listrik serta instalasi kelistrikan yang relatif mahal serta perawatannya, mengingat harga listrik yang terus menerus mahal. Kemudian pompa diesel yang harganya mahal dan bahan bakar juga mahal dan masih memerlukan perawatan spesifik. Para petani di suatu desa banyak yang masih

kesulitan untuk mengambil air untuk kebutuhan tanamannya. Beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah salah satunya keterbatasan alat karena beberapa masyarakat ada yang belum mampu membeli pompa listrik/pompa BBM. Ada beberapa masyarakat yang memilih mengambil air dengan menggunakan jerigen air untuk kebutuhan tanamannya, seperti menyiram sayuran, membunuh hama (menyemprot) dan lain sebagainya. Biaya adalah faktor utama dalam masalah penyediaan air pada pertanian. Pompa hidram adalah suatu pompa yang didesain sangat sederhana, jika dilihat dari segi biaya pembuatannya yang sangat ekonomis dan juga tidak memerlukan porto yang mahal serta tanpa energi listrik ataupun motor bakar menjadi penggerak. Berikut keunggulan produk ini :

1. Hemat energi tidak memerlukan motor penggerak, sumber listrik dan BBM.
2. Efisien, beroperasi terus-menerus 24 jam per hari.
3. Perawatan yang di butuhkan relatif murah dan mudah.
4. Modal pembuatan yang ekonomis.
5. Dapat digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, pertanian, dan industri lainnya

Pompa hidram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki banyak keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa air lainnya, diantaranya, tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuknya sangat sederhana, dan biaya pembuatannya serta pemeliharaannya sangat murah dan tidak membutuhkan keterampilan teknik tinggi untuk membuatnya. Pompa hidram sangat tepat untuk daerah-daerah yang penduduknya mempunyai keterampilan teknis yang terbatas, karena pemeliharaan yang dibutuhkan sederhana. Maka dari itu, penulis memiliki gagasan untuk membuat "**Pembuatan *Prototype* Pompa *Hydram (Hydraulic Ram Pump)* Menggunakan Pipa PVC 1 Inch"**. Hal ini tentunya bertujuan untuk mengatasi permasalah atau kesulitan masyarakat akan suatu pekerjaannya, dan menolong masyarakat terkait keterbatasan ekonomi.

1.2 Tujuan Penulisan Proyek Akhir

Adapun tujuan penulisan proyek akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang dan membangun pompa hidram dengan menggunakan bahan pipa PVC 1 inch.
2. Membuat *prototype* pompa hidram 1 inch yang mampu menaikan air setinggi 6 meter.

1.3 Batasan Masalah

Dari keseluruhan pembahasan pompa hidram, yang menjadi fokus pada pembahasan laporan tugas akhir ini ialah pembuatan *prototype* pompa hidram *(hydraulic ram pump)* pipa PVC 1 inch, dengan menggunakan 1 katup buang dan 1 katup hantar.

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, antara lain sebagai berikut:

1. **BAB I PENDAHULUAN**

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

2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

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

3. **BAB III METODOLOGI**

Pada bab ini menjelaskan tentang alat dan bahan/material serta pembuatan pompa hidram *(hydraulic ram pump).*

4. **BAB IV PEMBAHASAN**

Bab ini menjelaskan tentang jalannya desain dan pembuatan pompa hidram *(hydraulic ram pump).*

5. **BAB V PENUTUP**

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

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air (*Water*)

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 sepenuhnya menjadi kebutuhan mutlak bagi makhluk hidup terutama bagi manusia, air berperan 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, untuk memenuhi kebutuhan air di daerah tersebut tentunya akan mengalami kesulitan. Untuk mendapatkan air biasanya diperlukan alat yaitu pompa (Surbakti, 2018).

2.2 Pompa

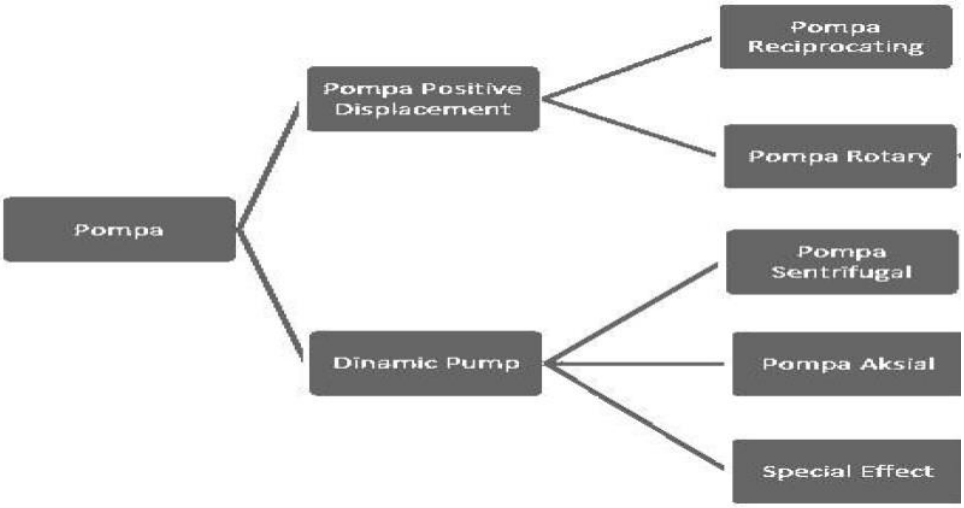
Secara umum pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu fluida cair dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikan tekanan fluida tersebut. Kenaikan tekanan fluida cair tersebut digunakan untuk mengatasi hambatan-hambatan laju fluida. Pengaliran yang terhambat biasanya disebabkan 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 sikulasi 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 *Dynamic*

Pompa dinamik merupakan jenis pompa yang mana dalam proses kerjanya, tidak terjadi perubahan volume ruang kerja di dalam pompa. 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 *primming* 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 biasanya terdiri dari rumah pompa yang diam yang mempunyai roda gigi, baling-baling, piston, *cam*, *segmen*, sekrup dan lain sebagainya, yang beroperasi dalam ruang bebas yang sempit.

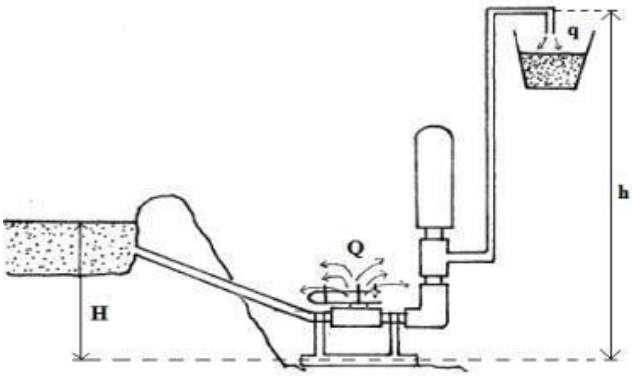
3. Pompa *Reciprocating*

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

2.4 Pompa Hidram

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 hidram adalah sebuah pompa yang energi atau tenaga penggeraknya berasal dari tekanan atau hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa. Masuknya air yang berasal dari berbagai sumber air ke dalam pompa harus berjalan secara kontinyu atau terus menerus. Alat ini sederhana 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. Penggunaan *hidraulic ram* tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tapi juga dapat digunakan 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).



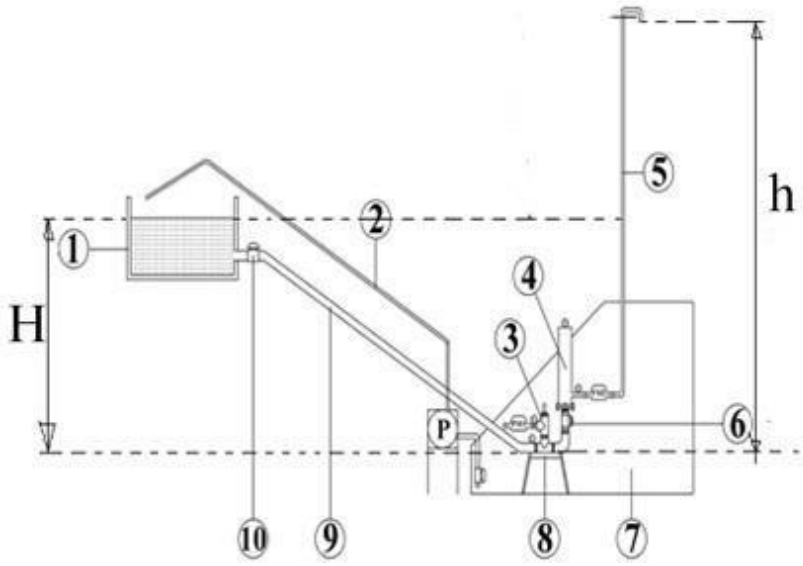
Gambar 2 Dena pompa hidram (Murni., Dkk, 2016).

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 dihantarkarkan 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 angat sederhana dan juga mampu beroperasi selama 24 jam (Setyawan, 2002).

2.5 Bagian-Bagian Pompa Hidram

Pompa hidram merupakan alat untuk menaikkan air ke tempat yang lebih tinggi atau pompa energi yang penggeraknya tidak menggunakan bahan bakar minyak ataupun listrik, tetapi secara otomatis dengan energi kinetik yang berasal dari air itu sendiri. Dengan demikian air dialirkan dari sumber atau suatu tampungan

kedalam pompa hidram melalui pipa *inlet* dengan posisi pompa yang lebih rendah dari sumber air tampungan tersebut. Bagian-bagian pompa hidram dapat dilihat pada Gambar 3.



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

Keterangan gambar pompa hidram menurut (Junahip, 2019):

1. Tangki Air (*Reservoir*)

   Tangki air (*reservoir*) merupakan wadah penampungan air, digunakan sebagai sumber air yang memiliki debit tertentu untuk menggerakan 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 merupakan katup pembuangan air sisa (limbah) yang berfungsi memancing gerakan air yang berasal dari bak mata air sehingga dapat menimbulkan aliran air yang bekerja sebagai sumber tenaga pompa. Katup limbah merupakan salah satu bagian terpenting dari *hidraulic ram*, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup buang dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet

katup yang cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang lebih besar dan menimbulkan efek *water hammer effect*. Katup buang 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 udara berfungsi meneruskan dan melipat gandakan tenaga pemompaan, sehingga air yang masuk ketabung kompresor dapat dipompa naik. Ruang udara harus dibuat serapat mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan (*pressure pulse*) dari siklus *ram*, memungkinkan aliran air secara tetap melalui pipa pengantar akan kehilangan tenaga karena gesekan diperkecil.

   Jika ruang udara penuh air, *ram* akan bergetar keras dan dapat mengakibatkan ruang udara pecah, jika hal ini terjadi *ram* harus dihentikan dengan segera. Beberapa ahli menyarankan bahwa volume ruang udara harus sama dengan volume air dalam pipa pengantar. Pada pipa pengantar yang panjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancang ruang udara dengan ukuran yang kecil.

5. Pipa penghantar

   Hidraulic ram 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*

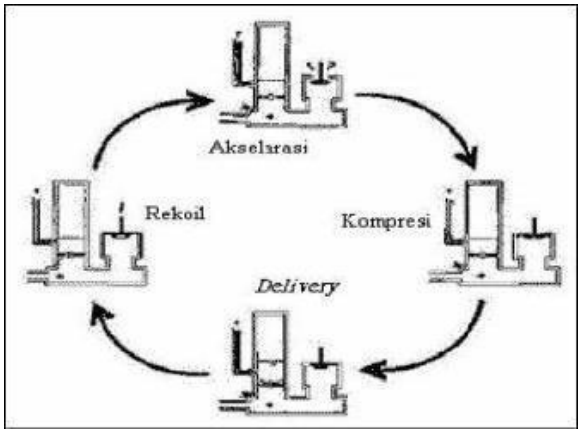
   Pipa ini berfungsi sebagai jalan masuknya air yang akan menggerakan suatu katup buang dengan debit tertentu.

10. H = Tinggi permukaan *reservoir*.
11. h = Tinggi pipa penghantar.

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 *water hammer*, sehingga terjadi tekanan yang tinggi di dalam pipa. Dengan perlengkapan katup buang dan katup 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.

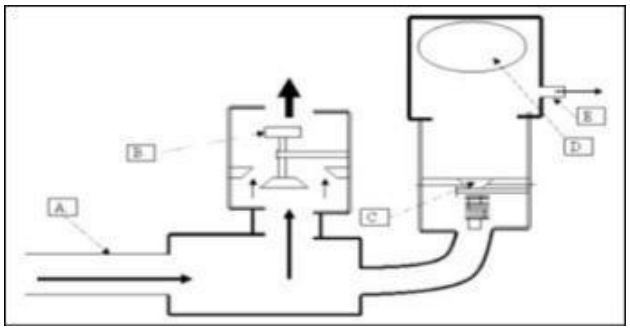
Cara kerja pompa hidram berdasarkan posisi katup buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada Gambar 4.



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

2.6.1 Akselerasi

Pada tahap ini katup buang terbuka dan air mulai mengalir dari sumber air melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram dan keluar melalui katup buang. Akibat pengaruh ketinggian sumber air, maka air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya mencapai nol. Posisi katup 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.

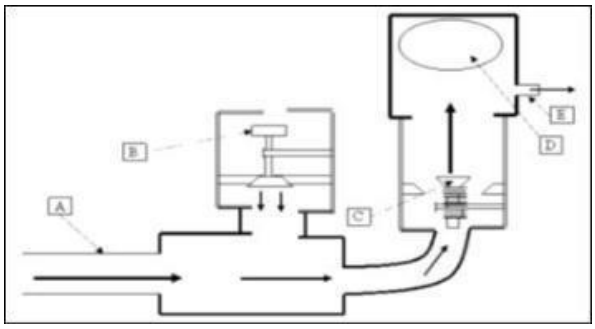


Gambar 5 Skema pompa hidram proses akselerasi (Murni., Dkk, 2016).

2.6.2 Kompresi

Saat kompresi, air memenuhi badan pompa ketika air telah mencapai nilai tertentu, katup buang terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Pada saat pintu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba kesagala arah yang kemudian

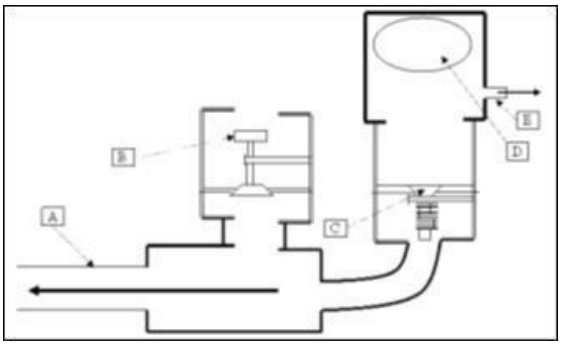
mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya katup buang terjadi sangat cepat. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada Gambar 6.



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

2.6.3 Penghantar

Pada tahapan yang ketiga ini, keadaan katup buang masih tetap tertutup. Penutupan katup 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.

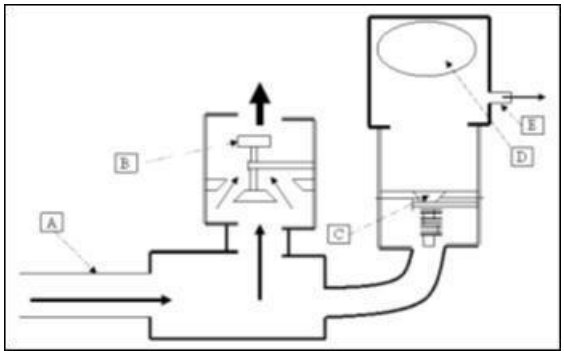


Gambar 7 Skema pompa hidram pada tahap penghantar (Murni., Dkk, 2016).

2.6.4 Rekoil

Katup tekan tertutup dan tekanan di dekat katup 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 katup buang berkurang, dan karena berat katup buang itu sendiri, maka katup 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 *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 *water hammer*, 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 katup penghantar tertutup kembali sedangkan katup buang membuka kembali. Akibat dari pembebasan gelombang tekanan tersebut kembali lagi arus massa air dari *reservoir* menuju pompa akan menekan naik katup buang sehingga terjadi penutupan tiba-tiba yang mengakibatkan terjadi proses *water hammer*. Proses yang terjadi

berulang-ulang inilah yang mendorong naik air ke pipa penghantar untuk kemudian diteruskan ke bak penampung (Fane, 2012)

Mekanisme *water hammer* terjadi dalam *konduit* 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, dapat dilaksanakan dengan metode lonjakan dengan memandang cairannya sebagai tidak mampu mampat dan konduitnya tegar. Bila sebuah katup pada jalur pipa ditutup secra cepat pada waktu aliran berlangsung, berkuranglah 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 , yang juga memperkecil kecepatan. Jika penutupnya cukup dan tekanan stedinya 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. Di sini 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).

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan proyek akhir yang dilakukan oleh penulis adalah sebagai berikut:

3.1.1 Tempat Proyek Akhir

Tempat pelaksanaan atau pengerjaan proyek akhir ini adalah di Laboratorium Drafting dan Laboratorium Fluida Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.1.2 Waktu Pelaksanaan Proyek Akhir

Pelaksanaan proyek akhir ini dimulai sejak bulan Oktober 2021 hingga bulan Februari 2022.

3.2 Alat

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

1. Gergaji Besi

   Gergaji besi digunakan untuk memotong pipa paralon sesuai ukuran yang diinginkan.

Gambar 9 Gergaji besi.

2. Meteran

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

Gambar 10 Meteran.

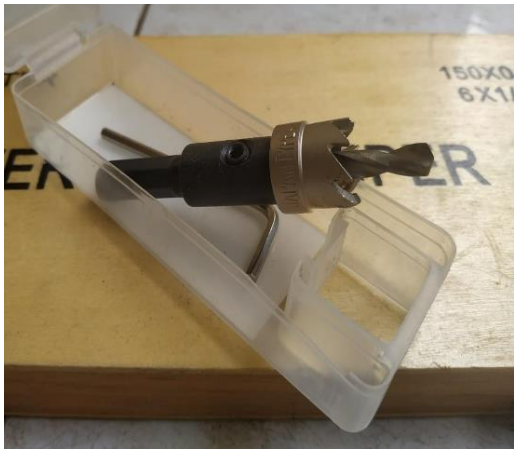
3. Bor Tangan

   Mesin bor tangan ini digunakan untuk membuat lubang pada pipa sebagai lubang drat *pressure gauge*, lubang untuk klep buang, dan lain sebagainya.

Gambar 11 Bor tangan.

4. Mata Bor *Hole Saw*

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



Gambar 12 Mata bor *hole saw*.

3.3 Bahan

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

1. *Pressure gauge*

Gambar 13 *Pressure gauge.*

2. Pipa PVC 1 Inch

Gambar 14 Pipa PVC 1 inch.

3. Pipa PVC 2 Inch

Gambar 15 Pipa PVC 2 inch.

4. Stop Kran 1 Inch

Gambar 16 Stop kran 1 inch.

5. *Shock* Polos Pipa 1 Inch

Gambar 17 *Shock* polos pipa 1 inch.

6. *Over Shock* 1 Inch ke 2 Inch

Gambar 18 *Over shock* 1 inch ke 2 inch.

7. Tusen Katup 1 Inch

Gambar 19 Tusen katup 1 inch.

8. *Shock* L Pipa 1 Inch

Gambar 20 *Shock* L pipa 1 inch.

9. *Shock* T Pipa 1 Inch

Gambar 21 *Shock* T pipa 1 inch.

10. *Over Shock* ½ Inch ke 1 Inch

Gambar 22 *Over shock* ½ inch ke 1 inch.

11. *Shock* Drat Pipa 1 Inch

Gambar 23 *Shock* drat pipa 1 inch.

12. Dop Pipa 2 Inch

Gambar 24 Dop pipa 2 inch.

13. Dop Pipa ½ Inch

Gambar 25 Dop pipa ½ inch.

14. *Bearing* Bekas

Gambar 26 *Bearing* bekas.

15. *Seal Tape*

Gambar 27 *Seal tape*.

16. Lem Pipa

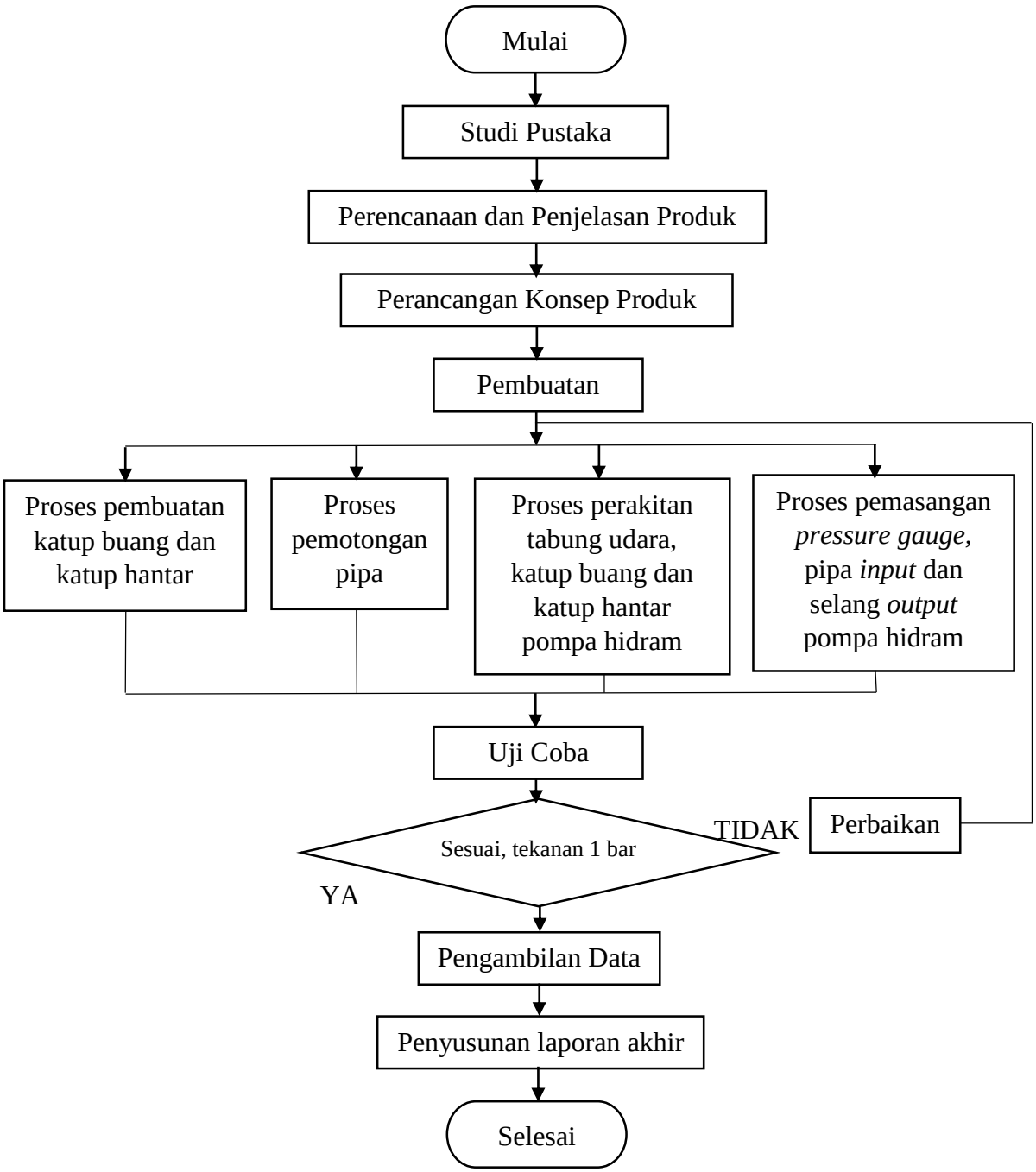
Gambar 28 Lem pipa.

17. Baut M6

Gambar 29 Baut M6.

3.4 Diagram Alir

Alur proses pengerjaan laporan akhir tentang rancang bangun *prototype* pompa hidram menggunakan pipa PVC 1 inch disusun berdasarkan Gambar diagram alir berikut:



Gambar 30 Diagram alir laporan proyek akhir.

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

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

1. Rancang bangun *prototype* pompa hidram menggunakan pipa PVC 1 inch dengan 2 katup yaitu katup buang dan katup hantar. Panjang pipa *inlet* yang digunakan adalah 7 meter, dan panjang selang *output* 10 meter. Kemudian tabung udara pompa hidram berdiameter 60 mm dengan panjang 750 mm.
2. Pompa hidram diuji menggunakan dua parameter yaitu pengaruh massa dan pengaruh *discharge* (ketinggian). Pengujian yang pertama yaitu variasi massa 50 gram menghasilkan debit air 0,0081 liter/detik, variasi massa 100 gram 0,0106 liter/detik, dan variasi massa 150 gram 0,0319 liter/detik. Kemudian pengujian ke dua percobaan variasi ketinggian 3 meter menghasilkan debit air 0,0130 liter/detik, variasi ketinggian 4 meter 0,0099 liter/detik, dan variasi ketinggian 5 meter menghasilkan debit air 0,0097 liter/detik.

5.2 Saran

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

1. Pada pompa hidram sebaiknya saat pembuatan tabung udara perlu adanya acuan untuk menentukan ukuran tabung udara yang sesuai, agar tekanan yang dihasilkan dapat stabil.
2. Agar air keluaran stabil sebaiknya ditambah tabung tambahan pada selang atau pipa keluaran.
3. Sebaiknya pada pipa *inlet* dipasang filter atau penyaring air agar kotoran tidak masuk kebadan pompa hidram.
4. Jika ingin melakukan pemasangan pompa hidram, sebaiknya perhatikan terlebih dahulu kondisi perairan apakah debit air tersebut mampu menggerakan instalasi pompa hidram atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

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).

Murni., Indartono., Mangestiyono, W., Fahju, A., & Purnomo, U. (2016). Jurusan Teknik Mesin Program Diploma, Fakultas Teknik Undip. 16(1), 11–19.

Setiawan, A. B. (2018). Perencanaan Ulang Instalasi High Pressure Boiler Feed Pump Pada Blok III PLTGU PT. PJB UP Gresik (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).

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 Tabung Udara 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.