

**ANALISIS UNJUK KERJA POMPA HYDRAM (*HYDROULIC
RAM PUMP*) DOUBLE KATUP BUANG DENGAN
VARIASI KETINGGIAN AIR (*HEAD*)**

SKRIPSI

Oleh:

APRIANTO SARAGIH

188130061



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 13/3/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)13/3/23

HALAMAN JUDUL

ANALISIS UNJUK KERJA POMPA HYDRAM (*HYDROULIC RAM PUMP*) DOUBLE KATUP BUANG DENGAN VARIASI KETINGGIAN AIR (*HEAD*)

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Program
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

Aprianto Saragih
188130061

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 13/3/23

Access From (repository.uma.ac.id)13/3/23

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Unjuk Kerja Pompa Hydrum (*Hydraulic Ram Pump*)
Double Katup Buang Dengan Variasi Ketinggian Air (*Head*)

Nama Mahasiswa : Aprianto Saragih

NIM : 188130061

Fakultas : Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)
Pembimbing I

(Indra Hermawan, S.T., M.T.)
Pembimbing II

DR. Rahmadsyah, S. Kom., M. Kom.
Dekan

Muhammad Idris, S.T., M.T.
Ka. Prodi/WD 1

Tanggal Lulus: 18 Januari 2023

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Aprianto Saragih
NPM : 188130061
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Unjuk Kerja Pompa Hydram (*Hydraulic Ram Pump*) Double Katup Buang Dengan Variasi Ketinggian Air (*Head*)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 18 Januari 2023

Yang menyatakan


(Aprianto Saragih)

ABSTRAK

Hydraulic ram pump disebut sebagai pompa hidrolis tidak memerlukan tenaga listrik karena digerakkan sendiri oleh tekanan air dan udara. Air mengalir melalui pipa dari sumber air ke pompa hydraulic ram dalam sistem operasi. Aliran air menyebabkan tekanan tabung udara menjadi vakum, menyebabkan katup buang dan katup tekanan bergerak berlawanan arah dan memompa air ke permukaan. Pada penelitian ini saya akan menganalisis pengaruh variasi ketinggian air (*head*) terhadap unjuk kerja pompa hydrum (*hydraulic ram pump*) double katup buang dengan 3 variasi ketinggian air yaitu 3 m, 3,5m, dan 4 m. Berdasarkan hasil pengukuran serta pengujian pompa hydrum (hydraulic ram) double katup buang dan dengan menggunakan optimasi Respons Surface Methodology (RSM), Efisiensi Pompa hydrum double katup buang memiliki efisiensi tertinggi pada ketinggian sumber air (H_{in}) sebesar 4 meter dan panjang pipa penggerak (L_{in}) sebesar 7.5 meter dengan efisiensi pompa sebesar 67.68%. Pompa hydraulic ram double katup buang memiliki efisiensi terendah pada ketinggian sumber air (H_{in}) sebesar 3 meter dan panjang pipa penggerak (L_{in}) sebesar 5.5 meter dengan efisiensi pompa sebesar 54.15%. Tinggi sumber air berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pompa hydraulic ram, seperti yang ditunjukkan oleh hasil efisiensi pompa hydraulic double katup buang. Berdasarkan hasil optimasi respons surface methodology pada unjuk kerja pompa hidram double katup buang menunjukkan area optimasi secara keseluruhan terhadap unjuk kerja pada pompa hidram. Nilai optimum terjadi pada ketinggian sumber air 3.2072 m dengan diameter pipa 0.00587 m. Dengan solusi optimum pada respon permukaan tersebut dapat menghasilkan debit air (Y) maksimum $0.0003 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi D'Aubuisson (Y) maksimum 18.2342 dan efisiensi Pompa (Y) maksimum 62.4854 %.

Kata kunci : Hydraulic ram pump; Pengaruh Variasi Ketinggian Air (*head*); Efisiensi Pompa Hydrum.

ABSTRACT

Hydraulic ram pump referred to as hydraulic pump does not require electric power because it is self-propelled by water and air pressure. Water flows through the pipe from the water source to the hydraulic ram pump in the operating system. The water flow causes the pressure of the air tube to vacuum, causing the exhaust valve and the pressure valve to move in opposite directions and pump water to the surface. In this study, I will analyze the effect of variations in water level (head) on the performance of the hydraulic pump (hydraulic ram pump) double exhaust valve with 3 variations in water level, namely 3 m, 3.5m, and 4 m. Based on the measurement and testing results of hydraulic pump (hydraulic ram) double exhaust valve and using Surface Response Methodology (RSM) optimization, the efficiency of the exhaust valve double hydrum pump has the highest efficiency at the height of the water source (H_{in}) of 4 meters dan length of drive pipe (L_{in}) by 7.5 meters with a pump efficiency of 67.68%. Pumping hydraulic ram double exhaust valve has the lowest efficiency at the height of the water source (H_{in}) of 3 meters dan length of drive pipe (L_{in}) by 5.5 meters with a pump efficiency of 54.15%. The high water source has a significant effect on the efficiency of hydraulic ram pumps, as shown by the efficiency results of double exhaust valve hydraulic. Based on the results of optimization of surface response methodology on the performance of the exhaust valve double hydraulic pump, it shows the overall optimization area for the performance of the hydraulic pump. The optimum value occurs at a water source height of 3.2072 m with a pipe diameter of 0.00587 m. With the optimum solution on the surface response, it can produce a maximum water discharge (Y) of 0.0003 m³/s, maximum D'Aubuisson (Y) efficiency of 18.2342 % and maximum Pump efficiency (Y) of 62.4854%.

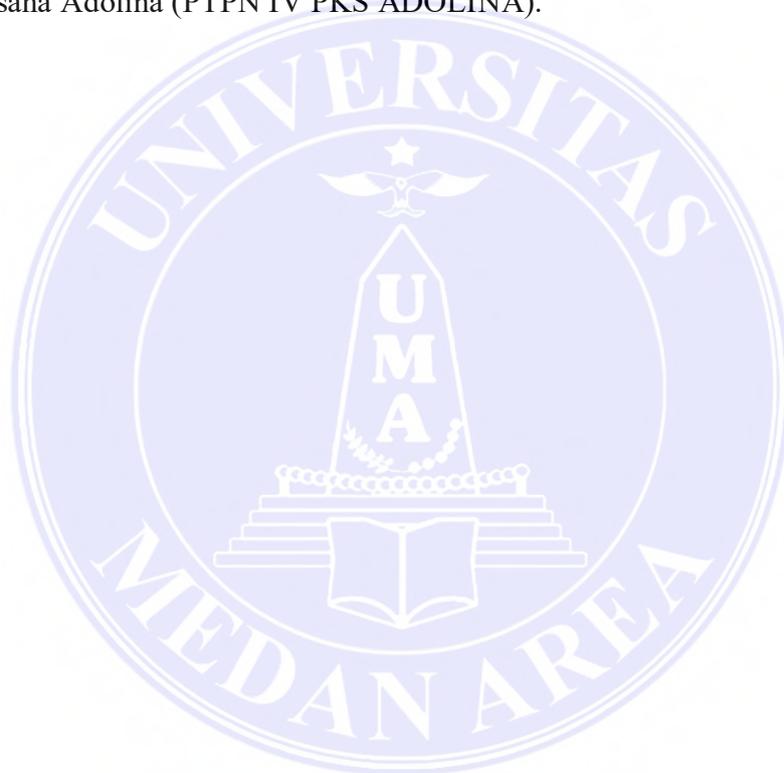
Keyword : *Hydraulic ram pump; Effect of Water Level Variation (head); Hydrum pump efficiency*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Tanjung Sariibu Pada tanggal 10 April 1999 dari ayah Jawarlen Saragih dan ibu Risma Uli Purba. Penulis merupakan putra kedua dari lima bersaudara.

Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA Negeri 6 Pematang Siantar dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis menjadi asisten mata kuliah konversi energi pada tahun ajaran 2020/2021. Pada tahun 2021 Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT. Perkebunan Nusantara IV PKS Unit Usaha Adolina (PTPN IV PKS ADOLINA).



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Penulis menyusun Tugas Akhir dengan judul “Analisis Unjuk Kerja Pompa Hydran (*Hydraulic Ram Pump*) Double Katup Buang Dengan Variasi Ketinggian Air (*Head*)” dan penelitian ini dilakukan di UD. Laju. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Penulis menyadari bahwa terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak terlepas bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., sebagai Rektor Universitas Medan Area yang telah banyak memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area yang telah mendukung penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area sekaligus sebagai Dosen Pembimbing I, Yang telah bersedia meluangkan waktunya membimbing, mengarahkan, memberikan perhatian serta motivasi dan telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi sehingga penulis dapat menyusun skripsi ini menjadi lebih baik dan dapat menyelesaikan studi S1.
4. Bapak Indra Hermawan, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan saran guna membangun serta memberikan saran untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ibu Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi S1.
6. Kepada kedua orang tua saya J. Saragih dan R. Purba yang sangat saya sayangi dan cintai, dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materil sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

7. Almamater Universitas Medan Area.
8. Rekan-rekan seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2018 dari kampus Universitas Medan Area, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan dan bantuan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan ini masih terdapat kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya atas kekurangan dan kekhilafan tersebut. Dengan segala kerendahan hati penulis menerima saran, pendapat, dan kritik yang membangun untuk kebaikan bersama. Semoga skripsi ini bermanfaat baik bagi penulis maupun bagi semua yang membacanya. Semoga Tuhan membalas amal baik yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Medan, 18 Januari 2023

Penulis,



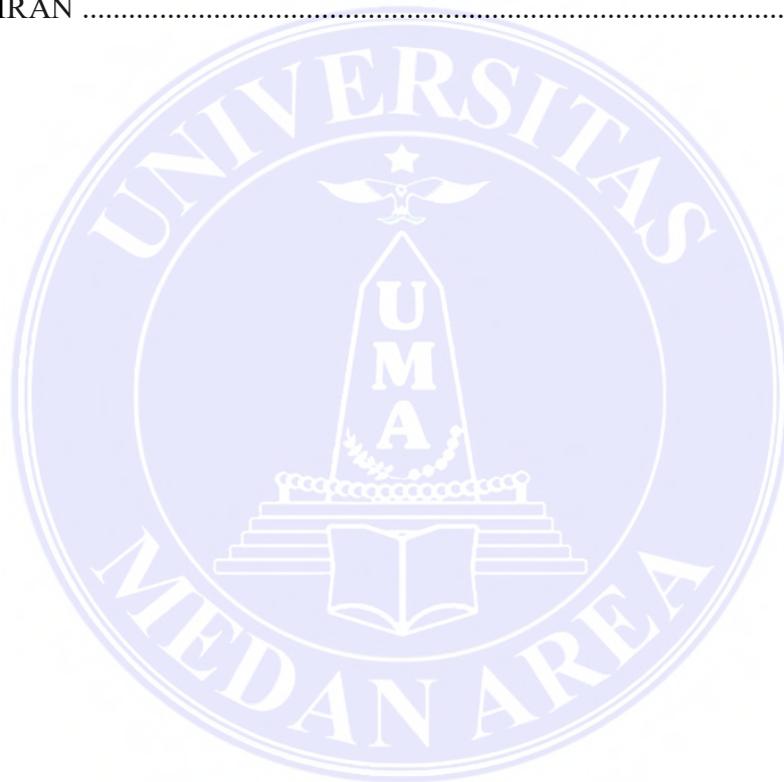
Aprianto Saragih
NPM 188130061

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
ABSTRAK.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesis Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pompa.....	6
2.2. Sejarah dan Perkembangan Pompa Hidram.....	8
2.3. Pompa Hydram (Hydraulic Ram Pump).....	8
2.4. Prinsip Kerja Pompa Hidram.....	11
2.5. Komponen Pompa Hidram.....	18
2.5.1. Klep Buang.....	18
2.5.2. Klep Tekan.....	19
2.5.3. Tabung Udara.....	20
2.5.4. Katup Udara.....	21
2.5.5. Pipa Masuk (Pipa Input).....	22
2.5.6. Pipa Keluar/Penyalur (Pipa Output).....	24
2.5.7. Sumber Air.....	24

2.5.8. Tandon Air.....	25
2.6. Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram	25
2.7. Persamaan-Persamaan Dasar	26
2.7.1. Persamaan Kontinuitas	26
2.7.2. Tekanan Fluida	27
2.7.3. Gerak Aliran dan Laju Aliran.....	27
2.7.4. Head Losses (Kerugian)	29
2.7.5. Volume Pemompaan Tiap Siklus.....	31
2.8. Efisiensi Pompa Hidram	32
2.9. Optimasi Respons Surface Methodology (RSM)	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu	35
3.1.1. Tempat	35
3.1.2. Waktu.....	35
3.2. Perencanaan Penelitian.....	35
3.3. Alat dan Bahan	36
3.3.1. Alat.....	36
3.3.2. Bahan	39
3.4. Metode Penelitian dan Prosedur Pengujian	42
3.4.1. Langkah-Langkah Penelitian.....	42
3.4.2. Prosedur Pengujian	42
3.4.2.1. Pengujian.....	42
3.4.2.2. Spesifikasi Ketinggian Air (head) Pompa.....	43
3.4.3. Skema Penelitian.....	44
3.5. Variabel yang Diamati	44
3.6. Diagram Alir Pelaksanaan Analisis.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil.....	46
4.2. Pembahasan.....	47

4.2.1. Optimasi respon terhadap Debit Air	48
4.2.2. Optimasi respon terhadap Efisiensi D'Aubuisson	51
4.2.3. Optimasi respon terhadap Efisiensi Pompa Hidram	54
4.2.4. Solusi Optimum terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN	63



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya	22
Tabel 2.2. Ukuran hidram PTP-ITB, Bandung dengan Modifikasi Design I.T.D.G.London.....	23
Tabel 2.3. Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar	23
Tabel 2.4. Jenis Aliran Pada Saluran Pipa	28
Tabel 2.5. Nilai K pada sambungan pipa	30
Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian	35
Tabel 3.2. Spesifikasi pompa hidram.....	37
Tabel 3.3. Skema Penelitian Pompa Hidram	44
Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Debit Air, Efisiensi D'Aubuisson dan Efisiensi Pompa	46
Tabel 4.2. Nilai variabel respon masing-masing sampel	47
Tabel 4.3. Output Minitab Koefisien Persamaan Model	48
Tabel 4.4. Analysis of Variance (ANOVA)	49
Tabel 4.5. Output Minitab Koefisien Persamaan Model	52
Tabel 4.6. Analysis of Variance (ANOVA)	52
Tabel 4.7. Output Minitab Koefisien Persamaan Model	55
Tabel 4.8. Analysis of Variance (ANOVA)	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bagian-bagian Pompa Hydrum.....	10
Gambar 2.2. Skema Perancangan Pompa Hidram	12
Gambar 2.3. Prinsip kerja pompa hidram	14
Gambar 2.4. Skema pompa hidram pada tahap akselerasi	15
Gambar 2.5. Skema pompa hidram pada tahap kompresi	15
Gambar 2.6. Skema pompa hidram pada tahap penghantar	16
Gambar 2.7. Skema pompa hidram pada tahap recoil	17
Gambar 2.8. Diagram satu siklus kerja pompa hidram.....	17
Gambar 2.9. Klep Buang (Katup Buang).....	19
Gambar 2.10. Klep Tekan (Delivery Valve)	20
Gambar 2.11. Tabung Udara Hidram.....	21
Gambar 2.12. Pipa Penghantar (Pipa Input)	24
Gambar 2.13. Pipa Output	24
Gambar 2.14. Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson.....	32
Gambar 2.15. Metode RSM.....	34
Gambar 3.1. Pompa Hidram Double Katup.....	36
Gambar 3.2. Flow Meter	37
Gambar 3.3. Meteran.....	38
Gambar 3.4. Pressure Gauge	38
Gambar 3.5. Stopwatch.....	39
Gambar 3.6. Pipa input 2 inch dan output ½ inch	40
Gambar 3.7. Elbow 90° dan 45°.....	40
Gambar 3.8. Tandon Air	41
Gambar 3.9. Globe Valve	41
Gambar 3.10. Skema Penelitian	44
Gambar 3.11. Diagram Alir Pelaksanaan	45
Gambar 4.1. Contour plot respon debit air pada H_{in} dan diameter pipa	50
Gambar 4.2. Surface plot respon debit air pada diameter pipa dan ketinggian air 51	

Gambar 4.3. Contour plot respon efisiensi D’Aubuisson pada H_{in} dan diameter pipa53

Gambar 4.4. Surface plot respon D’Aubuisson pada diameter pipa dan H_{in} 54

Gambar 4.5. Contour plot respon efisiensi pompa hidram pada H_{in} dan diameter pipa56

Gambar 4.6. Surface plot respon efisiensi pompa hidram pada diameter pipa dan H_{in} 57

Gambar 4.7. Respon optimasi unjuk kerja pompa hidram double katup buang57



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang besar dengan banyak air. Banyak juga tempat-tempat yang dekat dengan sumber air atau sungai yang mengalirkan air secara terus menerus. Beberapa tempat berada di bawah mata air sehingga kebutuhan air di daerah tersebut tidak menimbulkan masalah. Air mengalir secara alami dari tempat tinggi ke tempat rendah, tetapi daerah dengan permukaan tanah yang lebih tinggi dari sumber air akan kesulitan memenuhi kebutuhan air sehari-hari. Permukaan tanah juga tidak selalu datar, dan terdapat tempat-tempat yang berbukit dan jauh dari sumber air.

Salah satu kebutuhan manusia yang paling penting adalah air, yang digunakan untuk segala hal mulai dari memasak dan mencuci hingga makan dan minum, sanitasi, bahkan produksi. Namun, kesulitan memindahkan air dari satu lokasi ke lokasi lain yang lebih tinggi merupakan salah satu faktor-faktor yang berkontribusi terhadap fakta bahwa ketersediaan air saat ini menjadi masalah. Memasang pompa yang dapat memindahkan air dari lokasi rendah ke lokasi yang lebih tinggi diperlukan untuk mengatasi masalah ini.

Meskipun ada banyak jenis pompa air yang tersedia saat ini, pompa sirkulasi ini biasanya membutuhkan energi listrik untuk penggerakannya. Penduduk yang tinggal di beberapa daerah yang tidak menerima listrik dari PLN sering menghadapi tantangan ini, yang mengharuskan pemasangan pompa yang dapat berfungsi tanpa listrik. penggunaan listrik.

Jenis pompa yang dikenal sebagai pompa hidrolik, lebih sering disebut sebagai pompa hidrolik tidak memerlukan tenaga listrik karena digerakkan sendiri oleh tekanan air dan udara. Air mengalir melalui pipa dari sumber air ke pompa hydraulic ram dalam sistem operasi. Aliran air menyebabkan tekanan tabung udara menjadi vakum, menyebabkan katup buang dan katup tekanan bergerak berlawanan arah dan memompa air ke permukaan.

Menurut (E. Sulistiawan, R. Triwahyudi, S. Pradana 2018:02) bahwa Dengan berat 450 gram dan volume tabung udara 8100 ml, pompa hydraulic ram memiliki efisiensi D'Aubuisson tertinggi sebesar 40,36% persen. Sedangkan efisiensi terendah pompa hydraulic ram adalah 23.00%. Volume udara tabung adalah 5300 mililiter dan beban pada katup adalah 1220 gram. Berat beban dan faktor volume tabung udara memiliki dampak yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidrolik, debit buang, dan debit pemompaan.[20]

Pada penelitian (Y. Herawati, G. D. Wibowo 2011:02) tentang panjang pipa penggerak (inlet) dan efisiensi pompa hidram Penelitian ini bertujuan untuk mengamati dan mengevaluasi pengaruh panjang pipa penggerak (inlet) terhadap debit pompa dan tinggi pemompaan pada pompa hidram. pemberat katup buang (0,46 kg;0,69 kg dan 0,92 kg) dan mengamati bagaimana panjang pipa saluran masuk mempengaruhi benda (2,5 m, 2,0 m, 1,5 m dan 1,0 m) terhadap debit pompa hidrolik ram pum. Pada pompa hidram, debit (q) akan semakin besar karena pengaruh panjang ukuran pipa inlet.[21]

Hal ini juga berkorelasi langsung dengan efisiensi pompa hydrum, nilai debit (q) yang dihasilkan sebanding dengan panjang pipa saluran masuk. Debit maksimum pompa hydrum (q) adalah pada panjang 2,5 meter, berat 0,46 kilogram,

dan memiliki nilai $142,126 \text{ cm}^3$ per detik. Dengan berat 0,46 kilogram, panjang pipa masuk 2,5 meter, dan head pipa hantar (H+h) 200 cm, efisiensi pompa maksimum dicapai dengan efisiensi debit 24,40% dan efisiensi D'Aubuisson sebesar 35,87%.

Pada pompa hidram penulis masih banyak melihat banyak terdapat kurangnya efisien kinerja pompa yang diakibatkan karena pompa hidram sangat bergantung pada tinggi jatuh air (head) untuk meningkatkan debit air yang akan dihasilkan. Selain daripada tinggi jatuh air, pompa hidram juga harus mempunyai pipa input, pipa output dan tabung udara yang didesain dengan baik, agar dapat memaksimalkan kinerja dari pompa hidram.

Berdasarkan uraian diatas maka akan dilakukan penelitian pompa hydrum double katup buang dengan menggunakan variasi tinggi jatuh air dan melakukan pengukuran efisiensi dan debit air keluaran pada pompa hydrum.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini yaitu pengaruh ketinggian sumber air (Head) dan diameter pipa terhadap unjuk kerja pompa hydrum (hydraulic ram pump) double katup buang?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah diatas, adapun yang menjadi tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis unjuk kerja pompa hydrum

double katup buang dengan variasi ketinggian air (head) menggunakan metode Optimasi Respons Surface Methodology (RSM).

1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun hipotesis pada penelitian ini adalah menunjukkan apakah ketinggian sumber air (head) dan diameter pipa mempengaruhi variabel terikat pada pompa hidram double katup buang. Variabel terikat yang dimaksud dalam penelitian ini adalah debit air, efisiensi D'Aubuisson dan efisiensi pompa. Untuk mengetahui hasil pengaruh ketinggian sumber air dan diameter pipa maka analisis unjuk kerja pompa hydrum double katup buang dengan variasi ketinggian air (head) menggunakan metode Optimasi Respons Surface Methodology (RSM).

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi Penulis

Mampu menerapkan teori yang penulis pelajari di perguruan tinggi ke dalam praktik dan terlibat dalam kreativitas diri yang berguna bagi masyarakat.

2. Lainnya

- a. Menghadirkan dan menyebarkan penggunaan pompa hidram yang digerakkan oleh tekanan air sebagai inovasi yang menarik dan konservatif untuk memenuhi kebutuhan akan air.
- b. Menurunnya pemanfaatan energi fosil di bidang penyediaan air untuk kebutuhan daerah setempat.

- c. Ikut mengantisipasi dampak pemanasan global dengan memanfaatkan sumber energi yang ramah lingkungan.
- d. Membantu kebutuhan masyarakat dengan peralatan yang lebih murah.
- e. Menyediakan sumber yang dapat dikonsultasikan untuk penelitian tambahan tentang pompa hidram.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari daratan rendah ke daratan tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan [1]. Hal ini dicapai dengan membuat suatu tekanan rendah pada sisi masuk atau suction dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau discharge dari pompa. Pada prinsipnya, pompa mengubah energi mekanik motor menjadi energi aliran fluida. Energi yang diterima oleh fluida akan digunakan untuk menaikkan tekanan dan mengatasi tahanan-tahanan yang terdapat pada saluran yang dilalui.

Pompa juga dapat digunakan pada proses-proses yang membutuhkan tekanan hidraulik yang besar. Hal ini bisa dijumpai antara lain pada peralatan peralatan berat. Dalam operasi, mesin-mesin peralatan berat membutuhkan tekanan discharge yang besar dan tekanan hisap yang rendah. Akibat tekanan yang rendah pada sisi hisap pompa maka fluida akan naik dari kedalaman tertentu, sedangkan akibat tekanan yang tinggi pada sisi [2]. Pompa dapat diklarifikasikan dalam dua macam yaitu:

1. Pompa Perpindahan Positif (*Positive Displacement Pump*)

Pada pompa perpindahan positif energi ditambahkan ke dalam fluida kerja secara periodik oleh suatu daya yang dikenakan pada satu atau lebih batas

(*boundary*) sistem yang dapat bergerak. Pompa perpindahan positif dapat dibagi menjadi:

- a. Pompa Torak (Reciprocating Pump)
- b. Pompa Putar (Rotary Pump)
- c. Pompa Diafragma (Diaphragm Pump)

2. Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

Pada pompa dinamik proses penambahan energi ke dalam fluida kerja dilakukan secara kontinu untuk menaikkan kecepatan fluida di sisi isap. Kemudian dilakukan penurunan kecepatan fluida dibagian sisi keluar pompa untuk mendapatkan energi tekan. Pompa dinamik dapat dibagi menjadi:

- a. Pompa Sentrifugal (*Centrifugal Pump*)
 1. Pompa aliran radial (*radial flow*)
 2. Pompa aliran aksial (*axial flow*)
 3. Pompa aliran campuran (*mixed flow*)
- b. Pompa Jenis Khusus (*Special Pump*)
 1. Jet Pump
 2. Pompa Gas Lift (*Gas Lift Pump*)
 3. Pompa Hydraulic Ram (*Hidram*)

Penggunaan pompa untuk pemenuhan kebutuhan 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 tidak semua daerah telah mendapatkan aliran listrik, masih banyak daerah yang belum dapat menikmati listrik dalam kesehariannya.

2.2. Sejarah dan Perkembangan Pompa Hidram

Menurut [3] Pompa hidram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1772. Pompa hidram buatan Whitehurst masih berupa hidram manual, dimana katup buang masih digerakkan secara manual. Pompa ini pertama kali digunakan untuk menaikkan air sampai ketinggian 4,9 meter (16 kaki). Pada tahun 1783, Whitehurst memasang pompa sejenis ini di Irlandia untuk keperluan air bersih sehari-hari.

Pompa hidram 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, Matus Boulton, memperoleh hak paten atas pompa tersebut di Inggris.

Pada tahun 1820, melalui Easton's Firma yang mengkhususkan usahanya di bidang air dan sistem drainase, Josiah Easton mengembangkan hidram hingga menjadi usaha ram terbaik dalam penyediaan air bersih untuk keperluan rumah tangga, peternakan dan masyarakat desa. Pada tahun 1929, usaha Eastons ini dibeli oleh Green and Carter, yang kemudian meneruskan manufaktur ram tersebut.

2.3. Pompa Hydram (Hydraulic Ram Pump)

Hydraulic ram pump atau bisa disebut juga sebagai pompa hidram adalah pompa yang sudah digunakan lebih se abad, yang berfungsi untuk menaikkan air melebihi 100 meter. Pompa ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertikal (head) yang rendah ke tempat yang lebih tinggi.

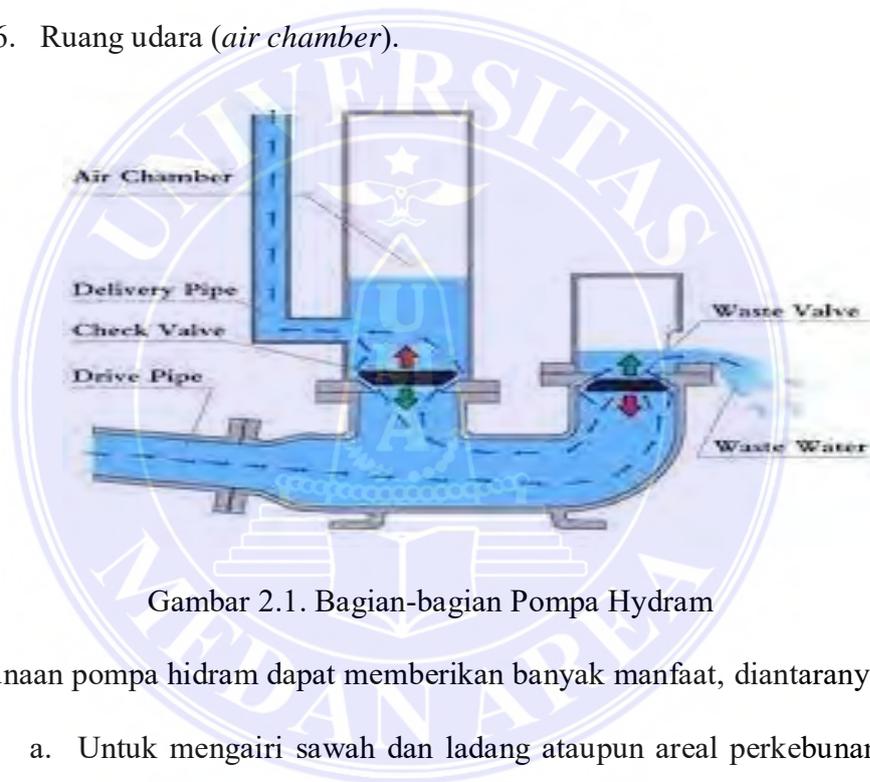
Penggunaan hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, peternakan dan perikanan darat. Di beberapa daerah pedesaan di Jepang alat ini telah banyak digunakan sebagai alat penyediaan air untuk kegiatan pertanian maupun untuk keperluan domestic [4].

Dalam operasinya, alat ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, antara lain; tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasinya murah, tidak memerlukan pelumasan, hanya mempunyai dua bagian yang bergerak sehingga memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan bengkel yang sederhana. Prinsip kerja pompa hidram adalah merupakan perubahan energi atau konversi energi dari energi kinetis aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan palu air (*water hammer*) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa [5].

Dengan mengusahakan supaya katup buang (*waste valve*) dan katup pengantar (*delivery valve*) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa pemasangan

memaksa air naik ke pipa pengantar. Bagian bagian utama yang menyusun alat ini terdiri dari:[6]

1. Pipa pemasukan (*drive pipe*)
2. Pipa pengeluaran atau pipa pengantar (*delivery pipe*)
3. Katup buang (*waste valve*)
4. Katup pengantar (*delivery valve*)
5. Katup udara (*air valve*)
6. Ruang udara (*air chamber*).



Gambar 2.1. Bagian-bagian Pompa Hydran

Penggunaan pompa hidram dapat memberikan banyak manfaat, diantaranya [7]:

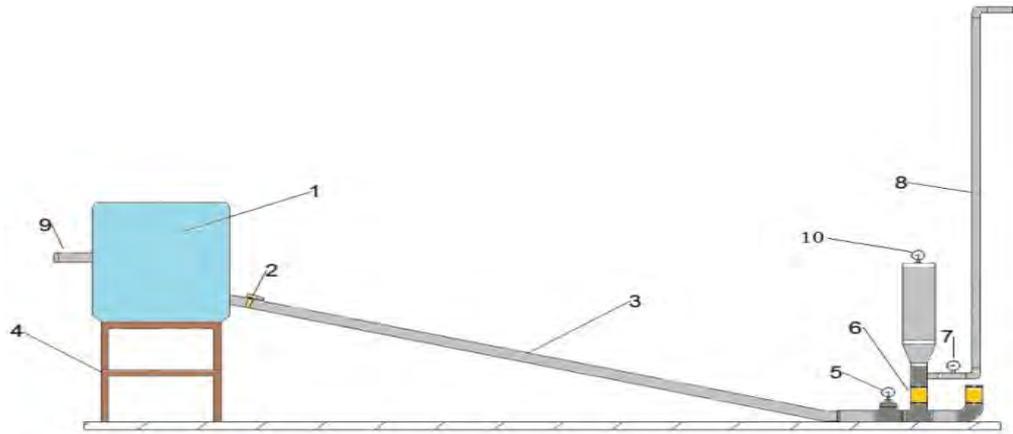
- a. Untuk mengairi sawah dan ladang ataupun areal perkebunan yang membutuhkan pasokan air secara berkesinambungan. Hal ini cocok diterapkan di daerah pertanian dan persawahan tadah hujan yang tidak terjangkau oleh jaringan irigasi dan terletak di tempat yang lebih tinggi daripada sumber air, karena pompa hidram dapat memompa air dari bawah ke tempat yang lebih tinggi dalam jumlah yang memadai,
- b. Untuk mengairi kolam dalam usaha perikanan atau tambak,

- c. Mampu menyediakan air pada usaha peternakan,
- d. Mampu memasok air untuk kebutuhan industri atau pabrik-pabrik pengolahan,
- e. Air yang dihasilkan dapat menggerakkan turbin yang berputar karena kekuatan air yang masuk dari pompa hidram, sehingga mampu menghasilkan listrik bila dihubungkan dengan generator.

2.4. Prinsip Kerja Pompa Hidram

Prinsip kerja hidram adalah pemanfaatan gravitasi dimana akan menciptakan energi dari hantaman air yang menabrak faksi air lainnya untuk mendorong ke tempat yang lebih tinggi. Untuk mendapatkan energi potensial dari hantaman air diperlukan syarat utama yaitu harus ada terjunan air yang dialirkan melalui pipa dengan beda tinggi elevasi dengan pompa hidram minimal 1 meter [8].

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 [9]. Berikut ini skema pompa hidram pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Skema Perancangan Pompa Hidram [10]

Keterangan:

1. Bak penampung
2. Ball valve
3. Inlet
4. Dudukan bak penampung
5. Pressure guage pipa inlet
6. Pompa hidram
7. Pressure gauge pipa penghantar
8. Pipa Penghantar
9. Lubang overflow
10. Pressure guage tabung udara

Pada pengoperasian pompa hidram sumber air harus kontinyu dengan debit minimal 7 liter per menit. Secara matematik besarnya debit dapat dihitung dengan rumus persamaan 2.1.[11]

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$$Q = \text{Debit air } (m^3/s)$$

$$V = \text{Volume } (m^3)$$

$$t = \text{Waktu } (s)$$

Pada pompa hidram untuk menghitung besarnya debit air pada pipa penggerak secara matematik dapat dituliskan pada persamaan 2.2.

$$Q_{in} = Q_{limbah} + Q_{out} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$$Q_{in} = \text{Debit pada pipa penggerak } (m^3/s)$$

$$Q_{limbah} = \text{Debit air pada katup buang } (m^3/s)$$

$$Q_{out} = \text{Debit air pada hasil pemompaan } (m^3/s)$$

Cara kerja pompa hidraulik ram merupakan proses perubahan energi kinetis aliran air menjadi tekanan dinamik dan akibatnya menimbulkan palu air (*water hammer*) sehingga tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katub pembuang (*waste valve*) dan katub air keluar (*delivery valve*) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa penghisap. Untuk menentukan kecepatan aliran pada pompa hidram secara matematik dapat dituliskan pada persamaan 2.3.

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$$V = \text{Kecepatan aliran pada pipa } (m/s)$$

$$Q = \text{Debit aliran pada pipa } (m^3/s)$$

$$A = \text{Luas penampang pipa } (m^2)$$

Untuk menentukan luas penampang pipa (A) secara matematik dapat dituliskan dalam persamaan 2.4.

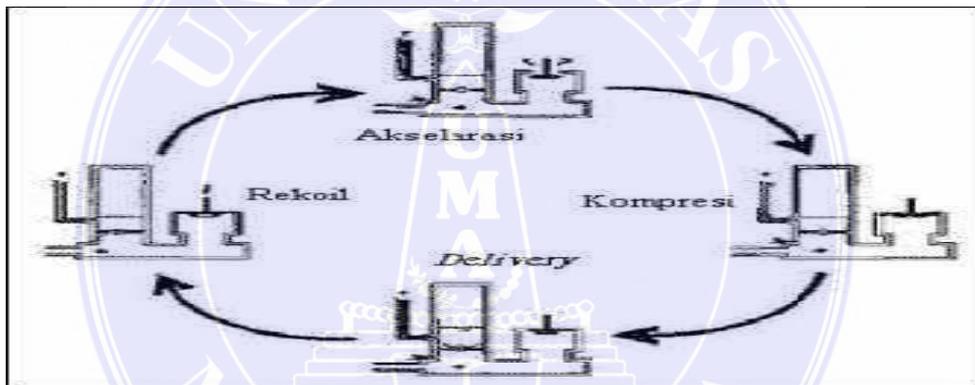
$$A = \frac{\pi}{4} D^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

A = luas penampang pipa (m^2)

D = Diameter pipa (m)

Cara kerja pompa hidram berdasarkan posisi klep buang dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang terlihat pada gambar 2.3.

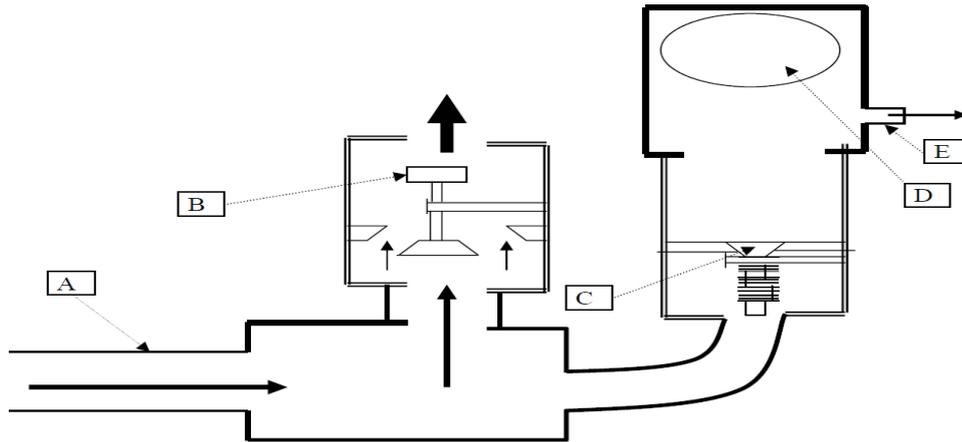


Gambar 2.3. Prinsip kerja pompa hidram.

Gambar 2.3. menjelaskan tentang cara kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 4 tahap, diantaranya:

a. Akselerasi

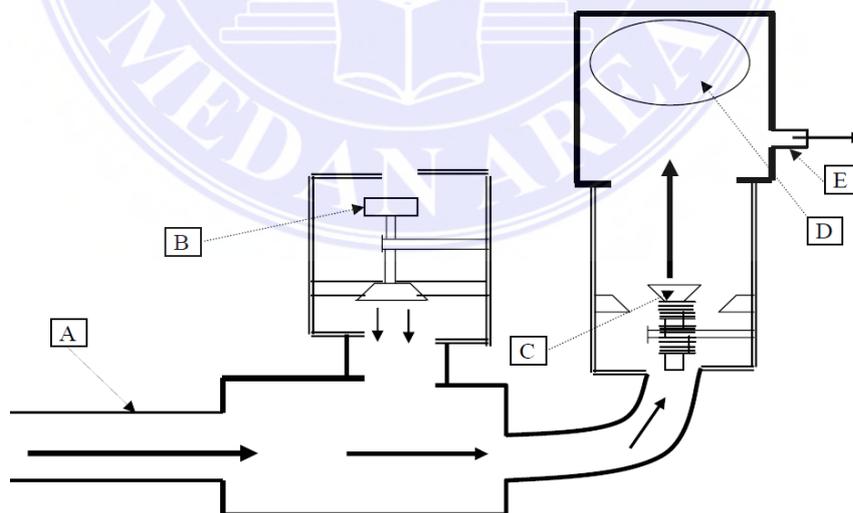
Klep buang terbuka dan air dari *reservoir* mengalir melalui pipa masukan A ke badan pompa, mengisi badan pompa tersebut dan sebagian akan keluar melalui klep buang B. Posisi klep masuk C masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar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



Gambar 2.4. Skema pompa hidram pada tahap akselerasi [12]

b. Kompresi

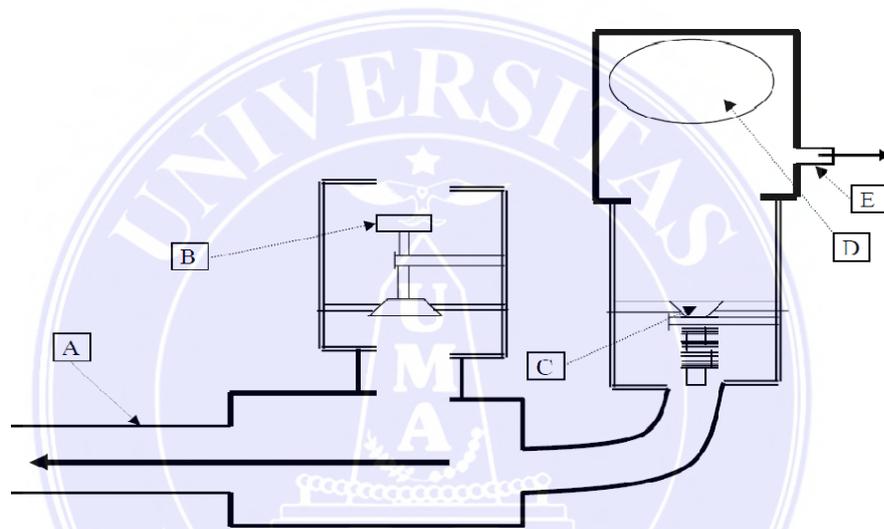
Saat kompresi, air memenuhi badan pompa. Klep buang terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Pada saat itu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba ke segala arah yang kemudian mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya klep buang terjadi sangat cepat. Skema pompa hidram saat kompresi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Skema pompa hidram pada tahap kompresi [12]

c. Penghantar

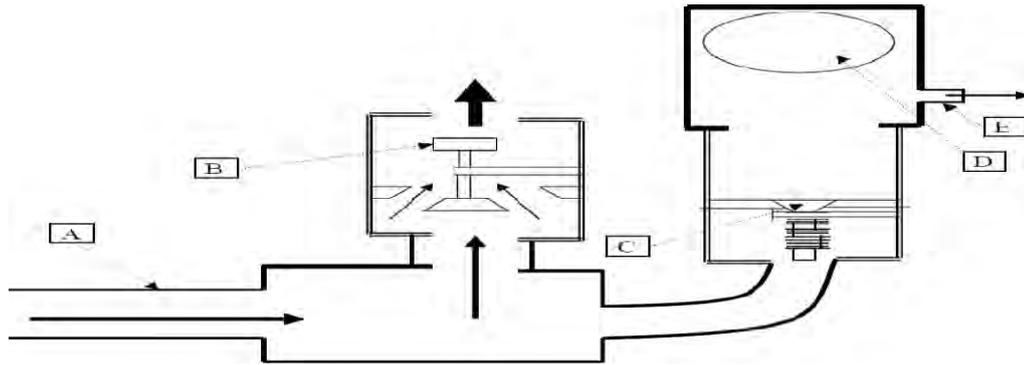
Air akan berhenti mengalir secara mendadak sebagai gelombang kejut akibat adanya water hammer dan membuat aliran balik ke *reservoir* melalui pipa hantar A. klep buang B tertutup. Volume udara dalam tabung udara berfungsi meratakan perubahan tekanan yang drastis dalam hydraulic ram melalui katup penghantar dan denyut tekanan di dalam tabung yang kembali lagi ke pompa akan menyebabkan hisapan dan tertutupnya katup penghantar yang merupakan katup. Skema pada tahap ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Skema pompa hidram pada tahap penghantar [12]

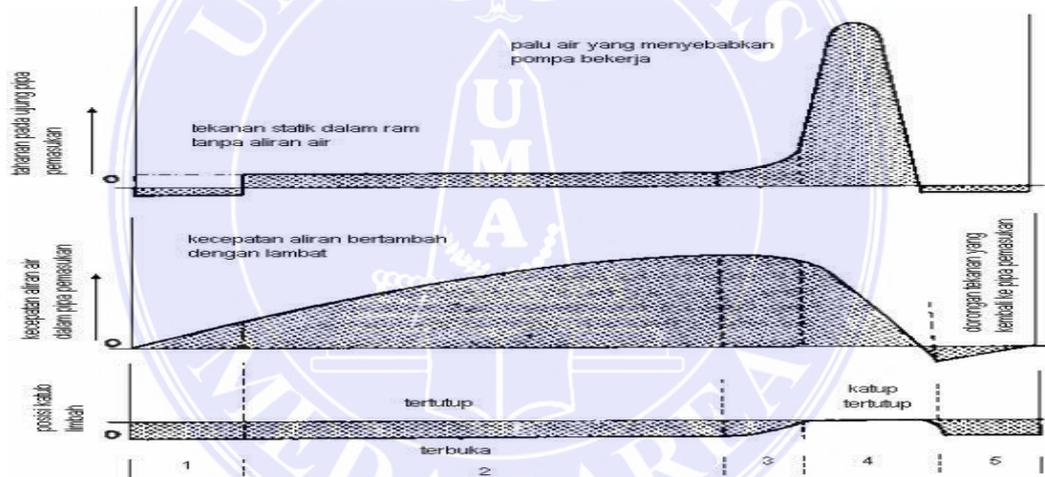
d. Rekoil

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



Gambar 2.7. Skema pompa hidram pada tahap recoil [12]

Bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan klep buang selama satu siklus kerja hidram, diperlihatkan dengan sangat sederhana dalam sebuah grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8. Diagram satu siklus kerja pompa hidram [4]

Gambar 2.8 menjelaskan diagram satu siklus kerja pompa hidram yang terbagi ke dalam 5 periode, yaitu:

a. Periode 1

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

b. Periode 2

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

c. Periode 3

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

d. Periode 4

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

e. Periode 5

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

2.5. Komponen Pompa Hidram

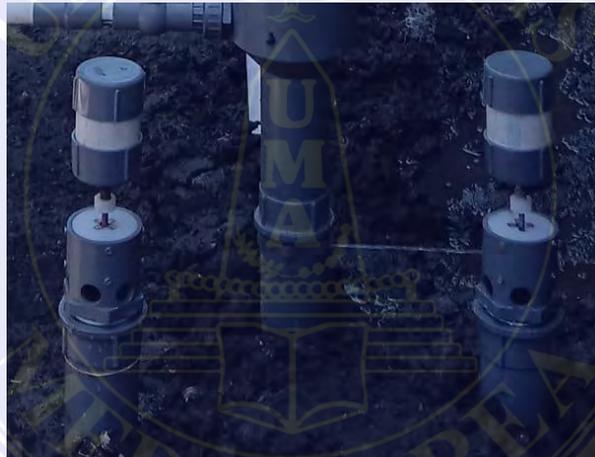
Pompa hidram terdiri dari beberapa komponen yang membentuk suatu sistem, yang meliputi klep buang, klep tekan, tabung udara, pipa masuk/penghantar, dan pipa keluar/penyalur.

2.5.1. Klep Buang

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

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

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

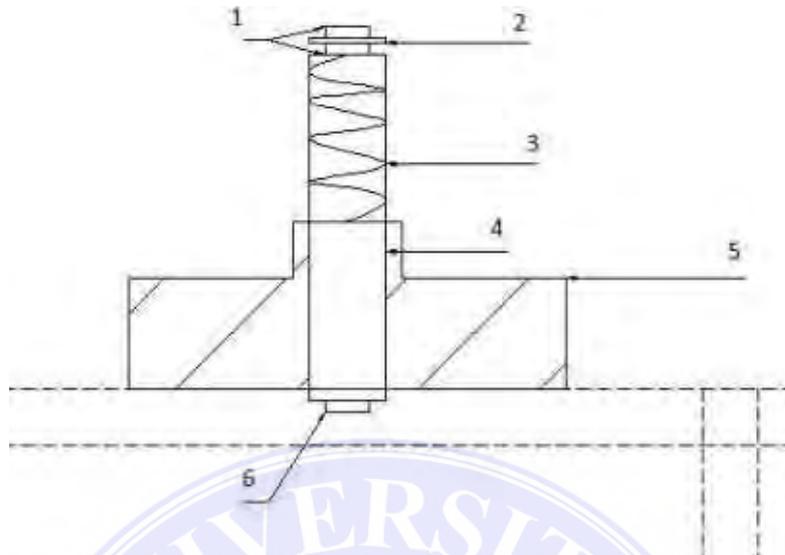


Gambar 2.9. Klep Buang (Katup Buang)

2.5.2. Klep Tekan

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

aliran. Klep tekan pada pompa hidram dapat dilihat pada gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10. Klep Tekan (*Delivery Valve*) [13]

Keterangan gambar:

1. Mur penjepit atas
2. Ring atas
3. Pegas katub hisap
4. As katub hisap
5. Ring bawah
6. Mur penjepit bawah

2.5.3. Tabung Udara

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus ram. Selain itu, dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa penghantar secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara akan bergetar hebat dan dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika

terjadi kasus demikian, maka ram harus segera dihentikan. Untuk menghindari hal-hal tersebut, para ahli berpendapat bahwa volume tabung udara harus dibuat sama dengan volume dari pipa penyalur. Tabung udara pada pompa hidram dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11. Tabung Udara Hidram

2.5.4. Katup Udara

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

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

Beberapa versi menyebutkan bahwa katup udara diperlukan keberadaannya dalam pompa hidram, namun banyak versi lainnya mengatakan

katup udara ini tidak harus ada dalam pompa hidram, sehingga penggunaannya tergantung pada masing masing individu yang membuat.

2.5.5. Pipa Masuk (Pipa Input)

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

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

Tabel 2.1. Panjang pipa penghantar berdasarkan diameternya [4]

Diamete Pipa Penghantar	Panjang Minimal	Panjang Maksimal
m	m	m
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

Sedangkan untuk menentukan diameter pipa penghantar biasanya dapat

disesuaikan dengan ukuran pompa hidram yang direkomendasikan oleh pabrik seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Ukuran hidram PTP-ITB, Bandung dengan Modifikasi Design I.T.D.G., London[4]

Ukuran tengah dalam pipa pemasukan	Garis tengah dalam pipa pengeluaran
inch	inch
1.5	0.75
2.0	1.0
3.0	1.5
4.0	2.0
5.0	3.0

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

Tabel 2.3. Debit air yang dibutuhkan pipa penghantar

Ukuran Pompa Hidram	Debit yang dibutuhkan
inch	l/m
1	7-16
2	12-25
3	27-55
3.5	45-96
4	68-137
5	136-270
6	180-410

Berikut ini merupakan pipa penghantar (pipa input) dari tandon ke pompa hidram dapat dilihat pada gambar 2.12 berikut ini.



Gambar 2.12. Pipa Penghantar (Pipa Input)

2.5.6. Pipa Keluar/Penyalur (Pipa Output)

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. Berikut ini adalah gambar pipa output (arah aliran air keluar) pada pipa hidram.



Gambar 2.13. Pipa Output [13]

2.5.7. Sumber Air

Air yang masuk ke saluran pipa penghantar harus bebas dari sampah dan pasir maupun kerikil agar pompa tidak macet, karena sampah dan pasir yang ikut

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

2.5.8. Tandon Air

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

2.6. Faktor Penting dalam Membuat Pompa Hidram

Dalam pengoperasian pompa hidram sering ditemukan beberapa kendala, yang paling banyak dijumpai adalah klep buang yang tidak berfungsi dengan baik, misalnya [14]:

- a. Tidak dapat naik/menutup, disebabkan oleh klep terlalu berat atau kurangnya debit air yang masuk pompa. Hal ini dapat diatasi dengan mengurangi beban atau memperpendek langkah klep buang.
- b. Klep tidak mau turun/membuka, disebabkan karena beban klep terlalu ringan, sehingga dapat diatasi dengan menambah beban atau memperpanjang langkah klep buang.

Agar pompa hidram dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan, maka

dalam proses pembuatannya harus memperhatikan beberapa faktor penting, diantaranya:

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

2.7. Persamaan-Persamaan Dasar

Adapun persamaan dasar yang digunakan adalah sebagai berikut:

2.7.1. Persamaan Kontinuitas

Untuk aliran *steady* dari fluida aliran tak termampatkan (*incompressible*) melalui pipa persamaan kontinuitasnya dapat dilihat dari persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

$$Q = \text{debit air } (m^3/dt)$$

$$A = \text{luas penampang } (m^2)$$

$$v = \text{kecepatan aliran air } (m/dt)$$

2.7.2. Tekanan Fluida

Tekanan didefinisikan sebagai gaya persatuan luas, dimana gaya F dipahami bekerja tegak lurus terhadap permukaan A. Secara matematik dituliskan pada persamaan 2.6.[11]

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$$P = \text{Tekanan } (N/m^2)$$

$$F = \text{Gaya } (N)$$

$$A = \text{Luas Permukaan } (m^2)$$

2.7.3. Gerak Aliran dan Laju Aliran

Dua jenis aliran utama pada fluida yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Untuk menentukan jenis aliran ditentukan terlebih dahulu bilangan Reynoldnya dengan persamaan 2.7:[15]

$$Re = \frac{VD}{\mu} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

D = Diameter dalam pipa (m)

V = Kecepatan Aliran Rata-rata Fluida (m/s)

μ = Viskositas dinamik fluida (m^2/s)

Aliran viskos dapat dibedakan menjadi 2 (dua) tipe yaitu aliran laminar dan turbulen. Dalam aliran laminar partikel-partikel zat cair bergerak teratur mengikuti lintasan yang saling sejajar. Aliran ini terjadi apabila kecepatan kecil dan atau kekentalan besar. Pengaruh kekentalan adalah sangat besar sehingga dapat meredam gangguan yang dapat menyebabkan aliran menjadi turbulen.

Dengan berkurangnya kekentalan dan bertambahnya kecepatan aliran maka daya redam terhadap gangguan akan berkurang sampai pada suatu batas tertentu akan menyebabkan terjadinya perubahan aliran dari laminar ke turbulen. Pada aliran turbulen gerak partikel-partikel zat cair tidak teratur. Aliran ini terjadi apabila kecepatan besar dan kekentalan zat cair kecil. Berikut merupakan tabel jenis aliran pada saluran pipa:[15]

Tabel 2.4. Jenis Aliran Pada Saluran Pipa

Jenis Aliran	Re
Aliran Turbulen	> 4000
Aliran Transisi	2000-4000
Aliran Laminar	< 2000

Berdasarkan pada percobaan aliran di dalam pipa, Reynolds menetapkan bahwa untuk angka Reynolds dibawah 2000, gangguan aliran dapat diredam oleh kekentalan zat cair, dan aliran pada kondisi tersebut adalah laminar. Aliran akan turbulen apabila angka Reynolds lebih besar dari 4000. Apabila angka Reynolds berada diantara kedua nilai tersebut $2000 < Re < 4000$ aliran adalah transisi. Angka

Reynolds pada kedua nilai di atas ($Re = 2000$ dan $Re = 4000$) disebut dengan batas kritik bawah dan atas. Secara matematis aliran laminar akan terjadi bila perbandingan momentum dan gaya viskous ada di bawah 2000, atau yang lebih dikenal dengan bilangan Reynold ($Re < 2000$).

2.7.4. Head Losses (Kerugian)

Kerugian energi per satuan berat fluida dalam pengaliran cairan dalam sistem perpipaan disebut sebagai kerugian head (*head loss*).

a. Mayor head loss (*major losses*)

Merupakan kerugian energi sepanjang saluran pipa yang dinyatakan dengan rumus:[16]

$$H_{L.ma} = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2.g} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana:

$h_{L.ma}$ = Head Loss Mayor (m)

f = Faktor gesekan

L = Panjang pipa (m)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

v = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

D = Diameter dalam pipa (mm)

b. Minor head loss (*minor losses*)

Minor head loss (*minor losses*) yaitu kerugian energi sepanjang saluran pipa akibat penambahan sambungan pada pipa. Minor losses pada pipa akibat penambahan sambungan, memiliki pengaruh terhadap debit air yang dipompakan. Berikut ini merupakan nilai K dari masing-masing sambungan

pipa yang ditunjukkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Nilai K pada sambungan pipa[17]

Jenis Sambungan	K
Tee-Junction	0.1
Elbow 90	0.95
ELbow 45	0.5
Gate Valve	0.2
Globe Valve	0.2
Socket	0.1

Minor head loss (*minor losses*) pada pipa secara matematik yang dinyatakan dalam rumus:[16]

$$H_{L.mi} = K \frac{v^2}{2.g} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

- $H_{L.mi}$ = minor losses (m)
- k = koefisien gesekan
- V = kecepatan rata-rata aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)

Pada aliran laminar, $Re < 2000$ faktor gesekan (f) dapat ditulis dalam bentuk persamaan Darcy – Weisbach:[15]

$$f = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- F = Faktor gesekan
- Re = Bilangan Reynolds

c. Head Loss Total

Head losses total merupakan kerugian energy total dari penjumlahan

head loss mayor dan head loss mayor. Head loss total secara matematik dapat dituliskan pada persamaan 2.11.[15]

$$H_{L\ tot} = H_{L.ma} + H_{L.mi} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana:

$H_{L\ tot}$ = Kerugian energy total (m)

$H_{L.ma}$ = Kerugian sepanjang saluran pipa (m)

$H_{L.mi}$ = Kerugian saluran pipa akibat penambahan sambungan pipa (m)

2.7.5. Volume Pemompaan Tiap Siklus

Volume pemompaan tiap siklus secara matematik dapat dituliskan pada persamaan 2.12 sebagai berikut:[16]

$$V_q = \frac{V_d \cdot v_1^2}{2g \cdot H_{out}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

V_q = Volume pemompaan tiap siklus (m^3)

V_d = Volume air pada pipa (m^3)

V_1 = Kecepatan aliran air pada pipa penggerak (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

H_{out} = Panjang pipa keluaran (output) (m)

Volume masing-masing pipa pada pompa secara matematik dapat dituliskan pada persamaan 2.13.

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana:

V = Volume (m^3)

r = Jari-jari pipa penggerak (m)

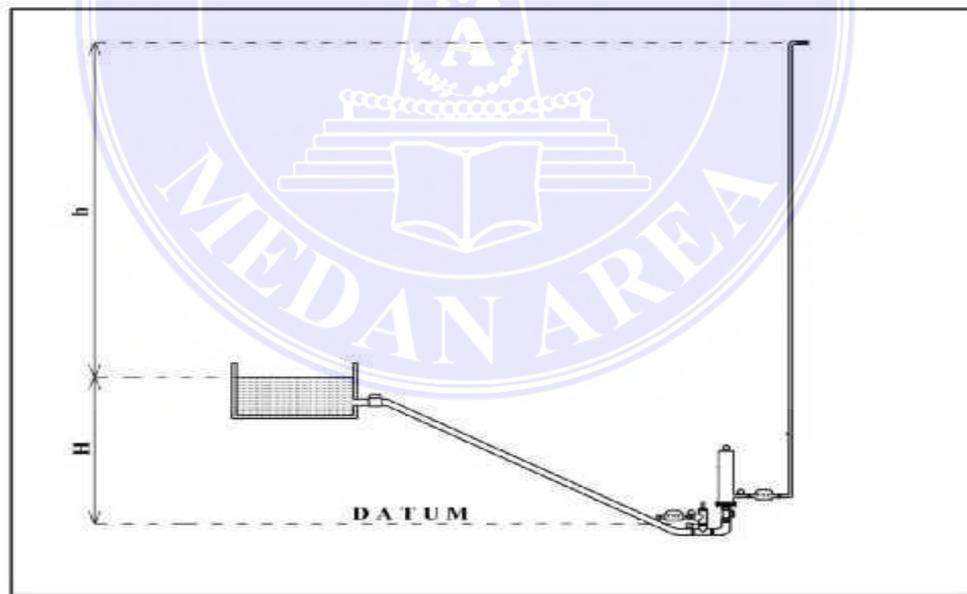
t = Tinggi pipa (m)

2.8. Efisiensi Pompa Hidram

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

a. Menurut D'Aubuisson

Menurut D'Aubuisson, perhitungan efisiensi pompa hidram berpatokan pada klep buang untuk digunakan sebagai datum. Untuk mengetahui cara perhitungan tersebut dengan lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2.14 di bawah ini.[11]



Gambar 2.14. Datum dalam perhitungan efisiensi menurut D'Aubuisson

$$\eta_A = \frac{Q_{out} \times H_{out}}{(Q_{Limbah} + Q_{out})H_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

η_A = Efisiensi pompa hidram D'Aubuisson (%)

Q_{out} = Debit keluaran (l/m)

Q_{Limbah} = Debit keluaran (l/m)

H_{in} = Ketinggian sumber air (m)

H_{out} = Ketinggian pipa keluaran (m)

b. Efisiensi Pompa Hidram

Secara umum efisiensi pompa hidram secara matematik dapat dituliskan pada persamaan berikut: [18]

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \% \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

η = Efisiensi pompa hidram (%)

Q_{in} = Debit pada pipa penggerak (l/m)

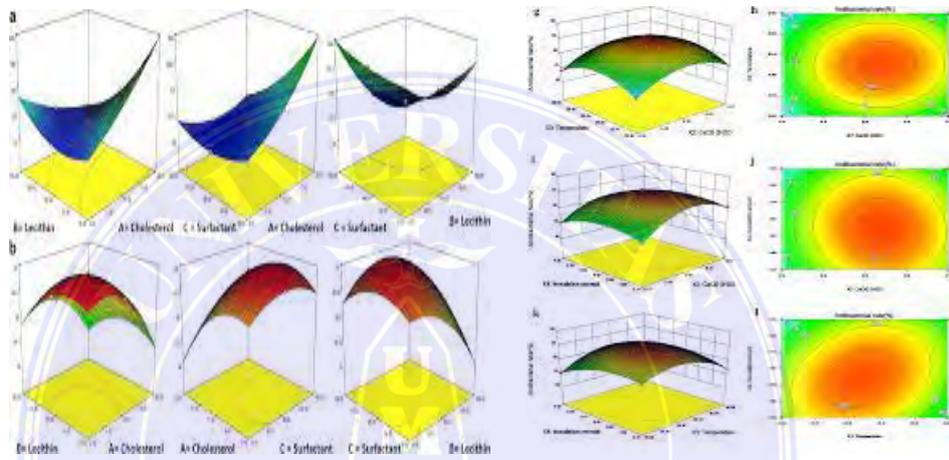
Q_{out} = Debit keluaran (l/m)

2.9. Optimasi Respons Surface Methodology (RSM)

Metode permukaan respon (RSM) merupakan suatu strategi percobaan yang berguna jika respon dipengaruhi beberapa faktor dan tujuan percobaan adalah untuk mencari respon optimum. Respons Surface Methodology (RSM) mencakup masalah: pemilihan rancangan percobaan yang cocok untuk optimasi dan metode penelusuran ruang faktor untuk mencapai daerah optimum dengan

cepat. Penggunaan metode ini berfungsi untuk mengembangkan, meningkatkan, dan mengoptimasi proses penentuan formulasi optimum. Penerapannya sangat penting terutama di bidang rancangan, pengembangan dan perumusan produk baru, serta pada peningkatan rancangan produk yang sudah ada.[19]

Berikut ini merupakan gambar optimasi menggunakan metode optimasi Respons Surface Methodology (RSM).



Gambar 2.15. Metode RSM

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat

Penelitian ini akan dilakukan di UD. LAJU, Jl. Wonosari, Tanjung Morawa, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. Tempat Penelitian ini dipilih karena cukup merepresentatif untuk kebutuhan pemenuhan dalam penulisan tugas akhir ini.

3.1.2. waktu

Analisa ini dimulai sejak judul tugas akhir ini disetujui oleh kedua pembimbing. Kemudian waktu yang akan digunakan dari persiapan penyusunan tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1. Jadwal kegiatan penelitian

No	Kegiatan	2022																							
		April				Mei				Juni				Juli				Agustus				September			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pengajuan Judul	■																							
2	Penyelesaian Proposal		■	■	■																				
3	Seminar Proposal					■	■	■	■																
4	Pengumpulan Data									■	■	■	■												
5	Analisis Data													■	■	■	■								
6	Penyelesaian Laporan																	■	■	■	■				
7	Seminar Hasil																					■	■	■	■
8	Sidang Sarjana																								■

3.2. Perencanaan Penelitian

Untuk memperoleh data penelitian, maka dilakukan dengan metode

eksperimen. Karena eksperimen sesuai digunakan untuk pengambilan data yang dilakukan secara destruktif. Jumlah parameter dapat dibatasi sehingga dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan. Proses pemompaan dilakukan untuk melihat perubahan performance akibat pengaruh double katup buang yang direncanakan dengan variasi head. Penelitian dilakukan dengan alat uji yang dirancang sedemikian sehingga dapat digunakan untuk beberapa penelitian tentang pompa hidram dan untuk mencari data-data yang diperlukan dalam penelitian.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

a. Pompa Hydram (Hydroulic Ram Pump)

Pada penelitian ini, pompa yang digunakan adalah jenis pompa hidram dengan double katup limbah (buang). Jenis pompa hidram double katup limbah dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1. Pompa Hidram Double Katup

Tabel 3.2. Spesifikasi pompa hidram

Spesifikasi Pompa	Keterangan
Tabung Udara	Tabung udara 4 inch dengan Panjang 80 cm
Badan Pompa	Pipa PVC 2 inch
Katup buang	Pipa PVC dan elbow 90° (modifikasi)

b. Flow Meter

Flow meter adalah untuk menghitung debit air masuk ke dalam badan pompa. Untuk mengukur laju aliran dari variasi tinggi pompa tersebut. Flow meter dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.2. Flow Meter

c. Meteran

Meteran adalah alat untuk mengukur panjang pendeknya pemotongan saat akan membuat dan merancang pompa hidram double katup buang. Meteran yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3. Meteran

d. Pressure Gauge

Meter tekanan yang terbuat dari tabung Bourdon sangat kuat dan dapat mengukur tekanan diatas dan dibawah tekanan atmosfer. Tabung Bourdon yang digunakan untuk mengukur tekanan diatas tekanan atmosfer lazim disebut sebagai pressure gauge. Alat ukur tekanan (Pressure gauge) yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah pressure gauge 6 bar. Pressure gauge dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Pressure Gauge

e. Stopwatch

Stopwatch adalah alat untuk menghitung laju aliran air dan laju siklus pompa per satuan waktu. Stopwatch yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.5 dibawah ini.



Gambar 3.5. Stopwatch

3.3.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah instalasi pemipaan untuk mengalirkan air, bahan-bahan yaitu:

a. Pipa PVC

Pipa yang digunakan adalah jenis PVC yang biasa digunakan oleh masyarakat untuk instalasi pemipaan rumah-rumah, gedung kantor atau bangunan lainnya. Ukuran pipa yang digunakan untuk outlet diameter $\frac{1}{2}$ inch dan inlet diameter 2 inch. Gambar 3.6 merupakan jenis pipa PVC yang digunakan.



Gambar 3.6. Pipa input 2 inch dan output 1/2 inch

b. Elbow

Elbow yang dipakai pada instalasi ini adalah elbow 90° dan 45° yang biasa digunakan untuk ukuran pipa diameter 2 inch dan diameter 1/2 inch. Gambar 3.7 merupakan Elbow 90° berbahan PVC yang digunakan.



Gambar 3.7. Elbow 90° dan 45°

c. Tandon Air

Tandon air adalah alat yang digunakan untuk menampung air untuk penampung air saluran pipa penggerak. Tandon yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapasitas 16 Liter. Berikut ini merupakan gambar tandon air yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.8. Tandon Air

d. Globe Valve

Pada instalasi ini menggunakan katub (globe valve) yang menggunakan tuas yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan aliran air yang dipasang pada instalasi pemipaan. Gambar 3.9 merupakan jenis globe valve yang digunakan.



Gambar 3.9. Globe Valve

3.4. Metode Penelitian dan Prosedur Pengujian

3.4.1. Langkah-Langkah Penelitian

a. Persiapan

Sebelum melakukan penelitian terlebih dahulu melakukan persiapan.

Persiapan-persiapan yang harus dilakukan antara lain:

1. Melakukan survey terlebih dahulu dan melakukan studi pustaka untuk merencanakan apa yang akan diteliti.
2. Menyediakan alat ukur, bahan, dan perlengkapannya dengan melakukan survey bahan-bahan yang diperlukan dilapangan.

b. Pemasangan Alat Uji

Memasang instalasi pemipaan, merangkai pipa-pipa instalasi air skema rangkaian yang diinginkan yang sesuai dengan perencanaan yang telah dibuat sebelumnya, pemasangan alat ukur debit air pada instalasi pemipaannya.

3.4.2. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian termasuk diantaranya persiapan awal, meliputi penempatan dan perakitan alat uji sesuai gambar rancangan, proses kalibrasi dan pengambilan data. Urutan prosedur dalam pelaksanaan pengujian dapat diuraikan dalam point-point sebagai berikut:

3.4.2.1. Pengujian

Pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat pompa hidram dan seluruh instalasinya pada tempat pengujian. Memasang pipa masuk dengan panjang yang sudah

ditentukan.

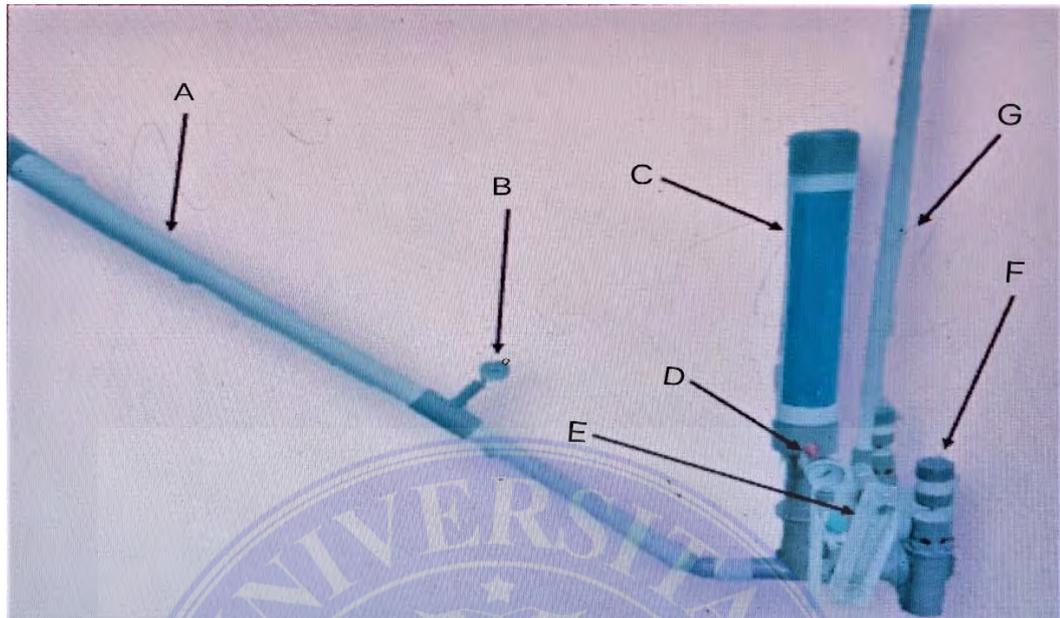
2. Memasang tandon air sebagai simulator penampung air sumber.
3. Memasang instalasi pompa hidram.
4. Menjalankan sistem dan melakukan pengujian yaitu dengan mencatat tekanan aliran air pada pipa penggerak, tekanan pada pipa keluar, dan debit hasil keluaran dengan menggunakan flow meter.

3.4.2.2. Spesifikasi Ketinggian Air (head) Pompa

Sesuai dengan tujuan penelitian kali ini, yakni untuk mengetahui pengaruh jatuhnya air dari ketinggian pada kinerja efisiensi head pompa hidram, maka variasi yang digunakan adalah variasi tinggi pipa masuk ke head pompa dengan ketinggian yang berbeda. Adapun tinggi yang dipakai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hitungan yang pertama dengan ketinggian sumber air 3 m,
2. Hitungan yang kedua dengan ketinggian sumber air 3,5 m,
3. Hitungan yang ketiga dengan ketinggian sumber air 4 m,

3.4.3. Skema Penelitian



Gambar 3.10. Skema Penelitian

Tabel 3.3. Skema Penelitian Pompa Hidram

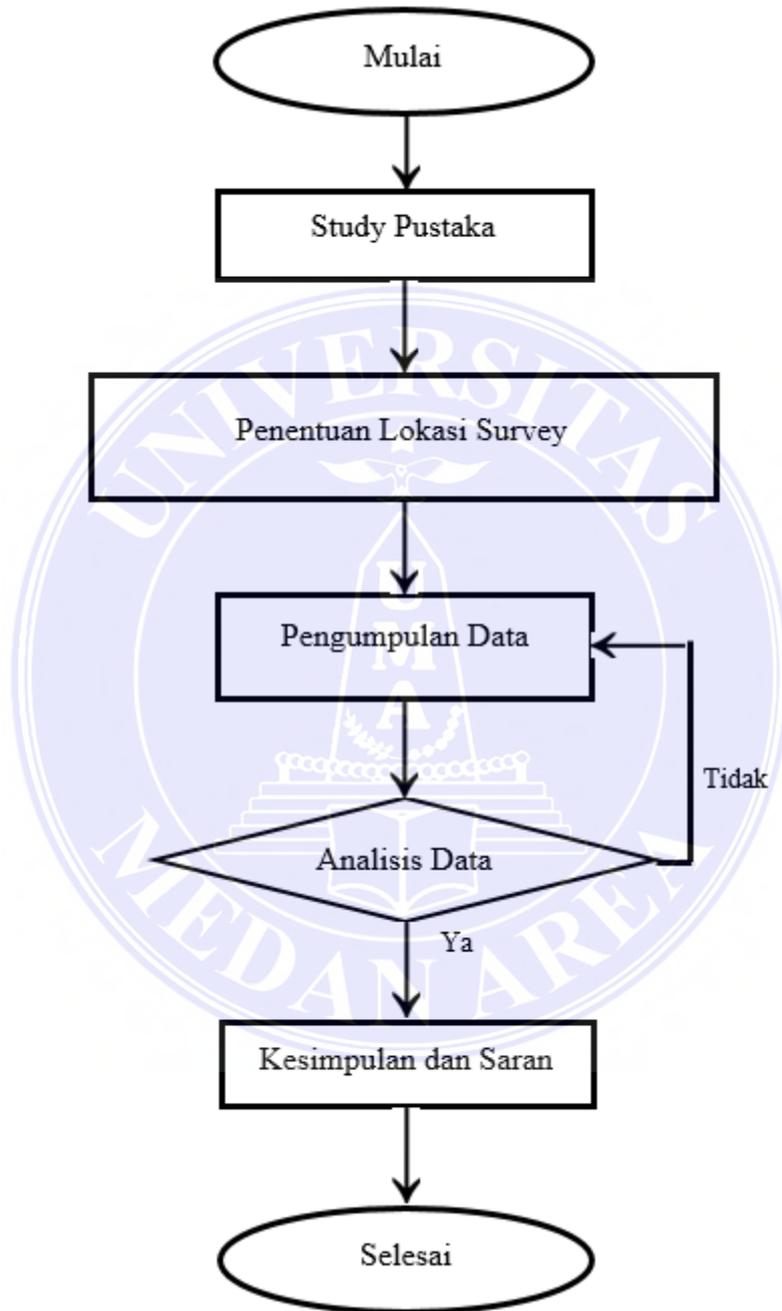
Simbol	Keterangan
A	Pipa inlet dari sumber ketinggian 3 m, 3.5 m, dan 4 m
B	Pressure gauge 6 bar
C	Tabung udara pompa hidram 4 inch
D	Globe valve ¾ inch ke ½ inch
E	Flow meter pada pipa output
F	Katup buang (2 katup buang)
G	Pipa PVC output

3.5. Variabel yang Diamati

Adapun variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian ini yang menjadi variabel bebas (X) adalah ketinggian sumber air (H_{in}) dan Diameter pipa penggerak (D_{in}). Variabel terikat (Y) pada penelitian ini adalah debit air (Q) dan efisiensi pompa hidram (η).

3.6. Diagram Alir Pelaksanaan Analisis

Diagram alir pada pelaksanaan penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:



Gambar 3.11. Diagram Alir Pelaksanaan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

Data yang digunakan berdasarkan data hasil eksperimen dilapangan yang didapat dari pengumpulan data primer dan data sekunder. Berdasarkan seluruh hasil Penelitian Debit air, Efisiensi D'Aubuisson dan Efisiensi pompa hidram pada masing-masing ketinggian sumber air dapat disajikan dalam table 4.1. berikut:

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Debit Air, Efisiensi D'Aubuisson dan Efisiensi Pompa

H_{in} m	H_{out} m	D m	H_{limbah} m	L_{in} m	Q_{limbah} m^3/s	Q_{out} m^3/s	Q_{in} m^3/s	η_A %	η %
3	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	0.00020	0.000327	20.3	61.16
3	10	0.0508	0.031	7	0.000127	0.000191	0.000318	20.02	60.06
3	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	0.000175	0.000309	19.31	57.94
3	10	0.0508	0.031	6	0.000127	0.000167	0.000294	18.93	56.80
3	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	0.000150	0.000277	18.05	54.15
3.5	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	0.000233	0.00036	18.49	64.72
3.5	10	0.0508	0.031	7	0.000127	0.000216	0.000343	17.99	62.97
3.5	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	0.00020	0.000327	17.47	61.16
3.5	10	0.0508	0.031	6	0.000127	0.000191	0.000318	17.16	60.06
3.5	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	0.000183	0.000310	17.85	59.03
4	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	0.000266	0.000393	16.92	67.68
4	10	0.0508	0.031	7	0.000127	0.000250	0.000377	16.57	66.31
4	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	0.000241	0.000363	16.37	65.48
4	10	0.0508	0.031	6	0.000127	0.000233	0.000360	16.18	64.72
4	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	0.000225	0.000352	15.98	63.92

Pada Tabel 4.1 merupakan acuan utama dari hasil pengkonversian nilai-nilai ketinggian sumber air (head) dan diameter pipa pada pompa hidram untuk selanjutnya menganalisis pengaruh ketinggian sumber air (head) dan diameter pipa pada pompa hidram double katup buang dengan menggunakan Respon Surface Methodology (RSM).

4.2. Pembahasan

Pembahasan pada hasil penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan software minitab optimasi Respons Surface Methodology (RSM) untuk menentukan respon yang optimal terhadap efisiensi pompa hidram double katup buang. Pada optimasi Respons Surface Methodology (RSM) terdapat variable bebas dan variable terikat. Pada penelitian ini yang menjadi variable bebas (x) adalah ketinggian sumber air (H_{in}) dan diameter pipa penggerak (D_{in}). Variabel terikat (Y) pada penelitian ini adalah debit air (Q) dan efisiensi pompa hidram (η). Berikut ini merupakan tabel hasil variabel bebas dan variabel terikat yang akan dianalisis menggunakan metode optimasi respons surface methodology:

Tabel 4.2. Nilai variabel respon masing-masing sampel

Variabel	Bebas	Variabel Terikat		
X1	X2	Y1	Y2	Y3
H_{input}	D	Debit Output	Efisiensi D'Aubuisson	Efisiensi Pompa
m	m	m^3/s	%	%
3	0.0508	0.00020	20.3	61.16
3	0.0508	0.000191	20.02	60.06
3	0.0508	0.000175	19.31	57.94
3	0.0508	0.000167	18.93	56.8
3	0.0508	0.000150	18.05	54.15
3.5	0.0508	0.000233	18.49	64.72
3.5	0.0508	0.000216	17.99	62.97
3.5	0.0508	0.00020	17.47	61.16
3.5	0.0508	0.000191	17.16	60.06
3.5	0.0508	0.000183	17.85	59.03
4	0.0508	0.000266	16.92	67.68
4	0.0508	0.000250	16.57	66.31
4	0.0508	0.000241	16.37	65.48
4	0.0508	0.000233	16.18	64.72
4	0.0508	0.000225	15.98	63.92

Pada tabel 4.2 ditunjukkan hasil analisis variabel respon berupa persentase debit dan efisiensi. Pada ketinggian sumber air, yaitu pada (X1) 4 m, diameter pipa penggerak (X2) 0.0508 m, menunjukkan persentase debit tertinggi yaitu debit air $0.000393 \text{ m}^3/\text{s}$ dan efisiensi pompa 67.68 %. Hasil penelitian yang dilakukan menyatakan bahwa proses unjuk kerja pada pompa hidram double katup buang menunjukkan nilai respon efisiensi pada pompa hidram double katup buang bekerja dengan optimal.

4.2.1. Optimasi respon Terhadap Debit Air dengan Respons Surface Methodology (RSM)

Dari pengolahan data menggunakan minitab diperoleh hasil seperti pada tabel 4.3 dan 4.4. Dari output ANOVA tersebut, dapat disimpulkan bahwa model yang tepat untuk kasus ini adalah model orde pertama (linier) dan model orde kedua (square). Hal ini dapat dilihat dari nilai P-value untuk model linier dan model orde kedua (square) lebih dari $\alpha = 5 \%$. Untuk memeriksa signifikansi model orde pertama dan orde kedua, dapat dilihat P-value dari Linier dan square $> \alpha = 5\%$, hal ini berarti variabel-variabel independent (xi) memberikan factor besar yang berarti dalam model.

Tabel 4.3. Output Minitab Koefisien Persamaan Model

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.000220	0.000013	16.35	0.000	
Blocks					
1	-0.000017	0.000009	-1.88	0.103	1.00
H in	-0.000004	0.000012	-0.32	0.760	1.00
D	0.000009	0.000012	0.73	0.488	1.00
H in*H in	-0.000019	0.000012	-1.58	0.159	1.01
D*D	-0.000005	0.000012	-0.39	0.711	1.01
H in*D	0.000000	0.000017	0.02	0.988	1.00

Pada penelitian ini prosedur pengujian yang juga dilakukan adalah uji kesesuaian model linear (lack of fit), uji parameter secara serentak dan pengujian asumsi residual sehingga mendapatkan hasil yang optimal terhadap unjuk kerja pompa hidram double katup buang.

1. Uji Kesesuaian Model Linear (lack of fit)

Dari uji lack of fit terhadap model diperoleh P-value = 0.411 atau lebih besar dibandingkan dengan derajat signifikansi $\alpha = 5 \% = 0.05$ sehingga dapat diterima yang berarti bahwa model linear dan square sesuai.

2. Uji Parameter Linear

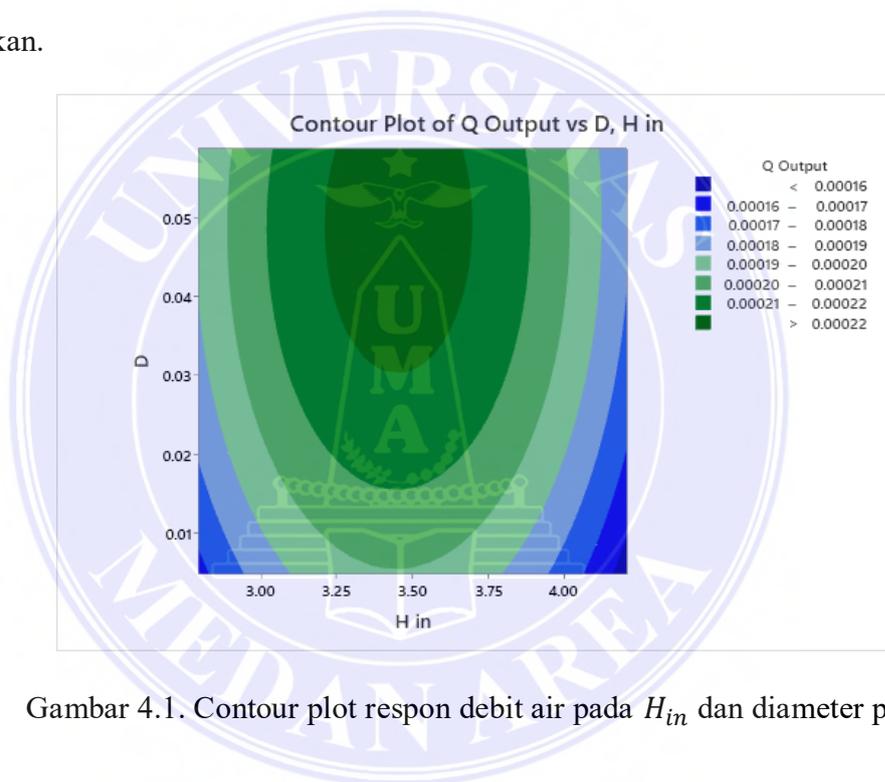
Dari pengujian menggunakan minitab pada optimasi respon surface methodology juga didapatkan hasil taksiran parameter model. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model ANOVA sebagai berikut:

Tabel 4.4 Analysis of Variance (ANOVA)

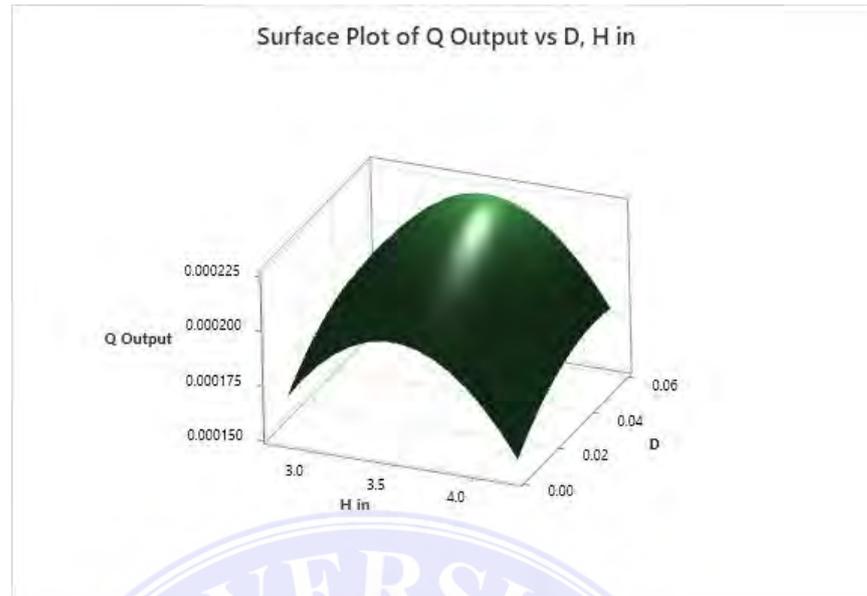
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	0.000000	0.000000	1.12	0.437
Blocks	1	0.000000	0.000000	3.52	0.103
Linear	2	0.000000	0.000000	0.32	0.737
H in	1	0.000000	0.000000	0.10	0.760
D	1	0.000000	0.000000	0.54	0.488
Square	2	0.000000	0.000000	1.28	0.336
H in*H in	1	0.000000	0.000000	2.49	0.159
D*D	1	0.000000	0.000000	0.15	0.711
2-Way	1	0.000000	0.000000	0.00	0.988
Interaction					
H in*D	1	0.000000	0.000000	0.00	0.988
Error	7	0.000000	0.000000		
Lack-of-Fit	3	0.000000	0.000000	1.22	0.411
Pure Error	4	0.000000	0.000000		
Total	13	0.000000			

Adapun plot permukaan respon debit air sebagai fungsi dari head losses mayor dan ketinggian air adalah seperti pada gambar 4.1 dan gambar 4.2. Dari hasil pengolahan data menggunakan minitab, diperoleh respon debit air berupa countour plot dan surface plot. Seperti terlihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2,

gambar 4.1 menunjukkan countour plot debit air pada diameter pipa dan ketinggian sumber air secara visual dapat terlihat bahwa nilai debit air terletak pada interval 0.00021 – 0.00022 m^3/s . Sedangkan gambar 4.2 menunjukkan surface plot debit air terhadap ketinggian sumber air dan diameter pipa dengan menganalisis ketinggian sumber air merupakan pengaruh paling signifikan terhadap debit air yang dihasilkan. Hal ini dapat diamati dari lengkungan surface plot yang terjadi pada ketinggian sumber air lebih dominan terhadap debit air yang dihasilkan.



Gambar 4.1. Contour plot respon debit air pada H_{in} dan diameter pipa



Gambar 4.2. surface plot respon debit air pada diameter pipa dan ketinggian air

4.2.2. Optimasi respon terhadap Efisiensi D'Aubuisson dengan Respons Surface Methodology (RSM)

Dari pengolahan data menggunakan minitab diperoleh hasil seperti pada tabel 4.5 dan 4.6. Dari output ANOVA tersebut, dapat disimpulkan bahwa model yang tepat untuk kasus ini adalah model orde pertama (linier) dan model orde kedua (square). Hal ini dapat dilihat dari nilai P-value untuk model linier dan model orde kedua (square) kurang dari $\alpha = 5\%$. Untuk memeriksa signifikansi model orde pertama dan orde kedua, dapat dilihat P-value dari Linier dan square $< \alpha = 5\%$, hal ini berarti variabel-variabel independent (x_i) memberikan factor yang berarti dalam model.

Tabel 4.5. Output Minitab Koefisien Persamaan Model

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	17.275	0.110	157.17	0.000	
Blocks					
1	1.0407	0.0720	14.46	0.000	1.00
H in	-0.1373	0.0952	-1.44	0.192	1.00
D	-0.4244	0.0952	-4.46	0.003	1.00
H in*H in	0.5925	0.0991	5.98	0.001	1.01
D*D	0.6275	0.0991	6.33	0.000	1.01
H in*D	-0.025	0.135	-0.19	0.858	1.00

1. Uji Kesesuaian Model Linear (lack of fit)

Dari uji lack of fit terhadap model diperoleh P-value = 0.309 atau lebih besar dibandingkan dengan derajat signifikansi $\alpha = 5\% = 0.05$ sehingga dapat diterima yang berarti bahwa model linear dan square sesuai.

2. Uji Parameter Linear

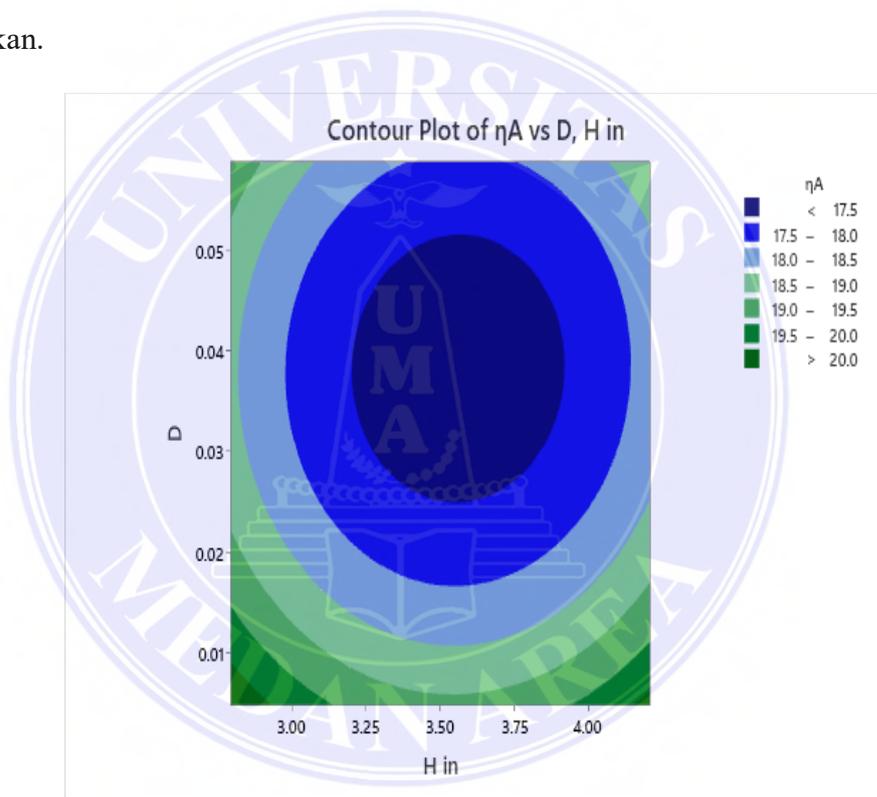
Dari pengujian menggunakan minitab pada optimasi respon surface methodology juga didapatkan hasil taksiran parameter model. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model ANOVA sebagai berikut:

Tabel 4.6. Analysis of Variance (ANOVA)

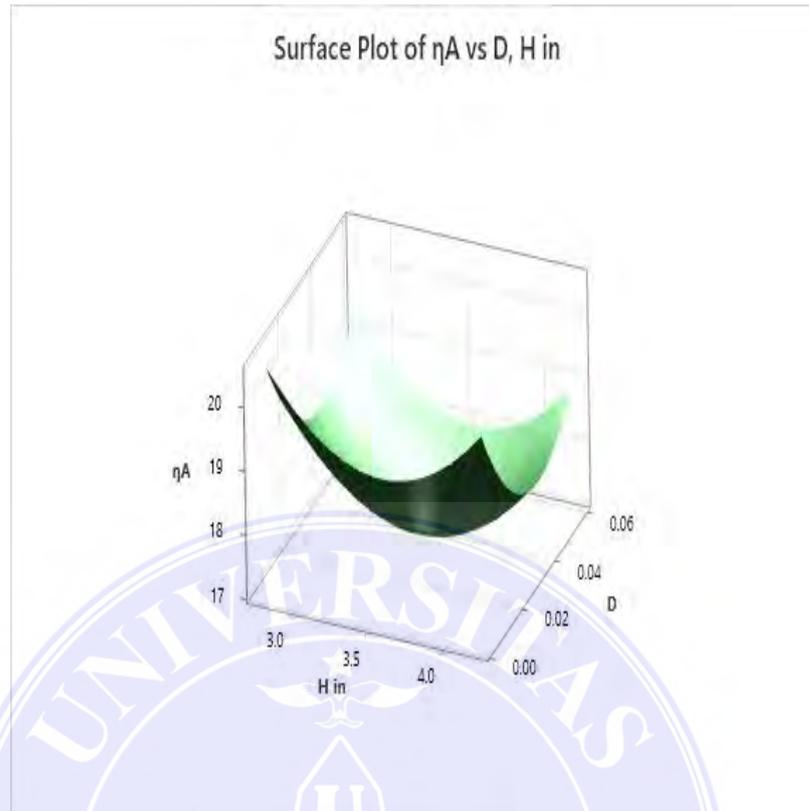
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	21.8654	3.6442	50.28	0.000
Blocks	1	15.1632	15.1632	209.19	0.000
Linear	2	1.5918	0.7959	10.98	0.007
H in	1	0.1508	0.1508	2.08	0.192
D	1	1.4409	1.4409	19.88	0.003
Square	2	5.1080	2.5540	35.23	0.000
H in*H in	1	2.5924	2.5924	35.77	0.001
D*D	1	2.9077	2.9077	40.12	0.000
2-Way	1	0.0025	0.0025	0.03	0.858
Interaction					
H in*D	1	0.0025	0.0025	0.03	0.858
Error	7	0.5074	0.0725		
Lack-of-Fit	3	0.2823	0.0941	1.67	0.309
Pure Error	4	0.2251	0.0563		
Total	13	22.3728			

Adapun plot permukaan respon efisiensi d'aubuisson sebagai fungsi dari diameter pipa dan ketinggian air adalah seperti pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.

Gambar 4.3 menunjukkan contour plot diameter pipa dan ketinggian air secara visual dapat terlihat bahwa efisiensi d’aubuisson terletak pada interval 17.5 – 20.0 %. Sedangkan gambar 4.4 menunjukkan surface plot efisiensi D’Aubuisson terhadap ketinggian sumber air dan diameter pipa dengan menganalisis ketinggian sumber air merupakan pengaruh paling signifikan terhadap efisiensi D’Aubuisson yang dihasilkan. Hal ini dapat diamati dari lengkungan surface plot yang terjadi pada ketinggian sumber air lebih dominan terhadap efisiensi D’Aubuisson yang dihasilkan.



Gambar 4.3. Contour plot respon efisiensi d’aubuisson pada H_{in} dan diameter pipa



Gambar 4.4. Surface plot respon efisiensi d'aubuisson pada H_{in} dan diameter pipa

4.2.3. Optimasi respon terhadap Efisiensi pompa hidram dengan Respons Surface Methodology (RSM)

Dari pengolahan data menggunakan minitab diperoleh hasil seperti pada tabel 4.7 dan 4.8. Dari output ANOVA tersebut, dapat disimpulkan bahwa model yang tepat untuk kasus ini adalah model orde pertama dan orde kedua. Hal ini dapat dilihat dari nilai P-value untuk model linier dan model orde kedua (square) lebih dari $\alpha = 5\%$. Untuk memeriksa signifikansi model orde pertama dan orde kedua, dapat dilihat P-value dari Linier dan square $> \alpha = 5\%$, hal ini berarti variabel-variabel independent (x_i) memberikan factor besar terhadap efisiensi pompa hidram yang berarti dalam model.

Tabel 4.7. Output Minitab Koefisien Persamaan Model

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	63.06	1.64	38.55	0.000	
Blocks					
1	-1.90	1.07	-1.78	0.119	1.00
H in	-0.47	1.42	-0.33	0.747	1.00
D	0.72	1.42	0.51	0.627	1.00
H in*H in	-1.97	1.47	-1.34	0.223	1.01
D*D	-0.60	1.47	-0.41	0.696	1.01
H in*D	-0.01	2.00	-0.00	0.996	1.00

1. Uji Kesesuaian Model Linear (lack of fit)

Dari uji lack of fit terhadap model diperoleh P-value = 0.495 atau lebih besar dibandingkan dengan derajat signifikansi $\alpha = 5\% = 0.05$ sehingga dapat diterima yang berarti bahwa model linear dan square sesuai.

2. Uji Parameter Linear

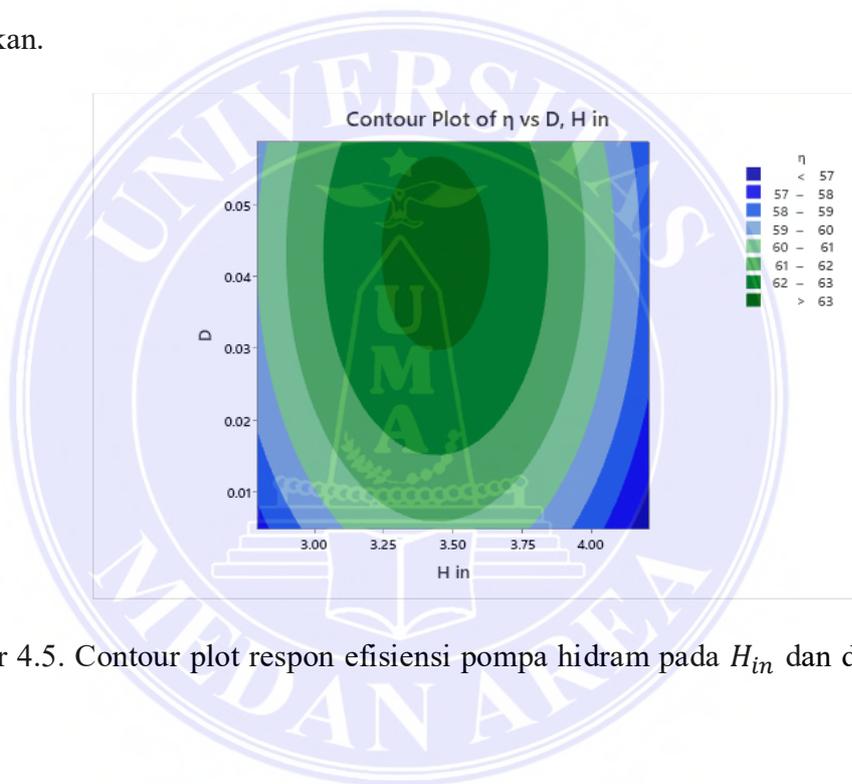
Dari pengujian menggunakan minitab pada optimasi respon surface methodology juga didapatkan hasil taksiran parameter model. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh model ANOVA sebagai berikut:

Tabel 4.8. Analysis of Variance (ANOVA)

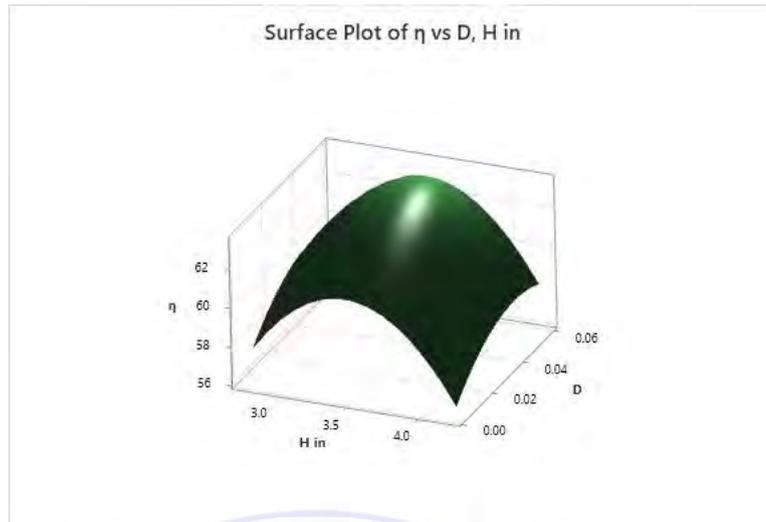
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	6	86.848	14.4746	0.90	0.542
Blocks	1	50.692	50.6921	3.16	0.119
Linear	2	5.938	2.9690	0.18	0.835
H in	1	1.801	1.8009	0.11	0.747
D	1	4.137	4.1371	0.26	0.627
Square	2	30.217	15.1086	0.94	0.435
H in*H in	1	28.726	28.7257	1.79	0.223
D*D	1	2.657	2.6566	0.17	0.696
2-Way	1	0.000	0.0004	0.00	0.996
Interaction					
H in*D	1	0.000	0.0004	0.00	0.996
Error	7	112.375	16.0535		
Lack-of-Fit	3	46.916	15.6388	0.96	0.495
Pure Error	4	65.458	16.3645		
Total	13	199.222			

Adapun plot permukaan respon efisiensi pompa hidram sebagai fungsi dari diameter pipa dan ketinggian air adalah seperti pada gambar 4.5 dan gambar 4.6.

Gambar 4.5 menunjukkan countour plot diameter pipa dan ketinggian air secara visual dapat terlihat bahwa efisiensi pompa hidram terletak pada interval 57-63 %. Sedangkan gambar 4.6 menunjukkan surface plot efisiensi pompa hidram terhadap ketinggian sumber air dan diameter pipa dengan menganalisis ketinggian sumber air merupakan pengaruh paling signifikan terhadap efisiensi pompa hidram yang dihasilkan. Hal ini dapat diamati dari lengkungan surface plot yang terjadi pada ketinggian sumber air lebih dominan terhadap efisiensi pompa hidram yang dihasilkan.



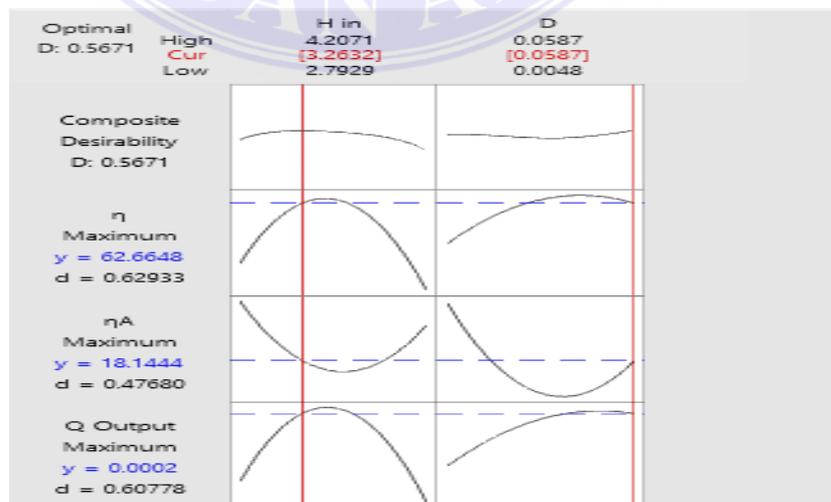
Gambar 4.5. Contour plot respon efisiensi pompa hidram pada H_{in} dan diameter pipa



Gambar 4.6. Surface plot respon efisiensi pompa hidram pada H_{in} dan diameter pipa.

4.2.4. Solusi Optimum terhadap Unjuk Kerja pompa hidram dengan Respons Surface Methodology (RSM)

Respon optimasi pada unjuk kerja Pompa hidram double katup buang terhadap keseluruhan hasil unjuk kerja pompa hidram double katup buang. Hasil analisis respon optimasi terhadap unjuk kerja Pompa hidram double katup buang, dapat disajikan pada gambar 4.7.



Gambar 4.7. Respon optimasi unjuk kerja pompa hidram double katup buang

Gambar 4.7 menunjukkan area optimasi secara keseluruhan terhadap unjuk kerja pada pompa hidram. Nilai optimum terjadi pada ketinggian sumber air 3.2632 m dengan diameter pipa 0.00587 m. Dengan solusi optimum pada respon permukaan tersebut dapat menghasilkan debit air (Y) maksimum $0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi D'Aubuisson (Y) maksimum 18.1444 dan efisiensi Pompa (Y) maksimum 62.6648 %.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran serta pengujian pompa hydram (hydraulic ram) double katup buang dan dengan menggunakan optimasi Respons Surface Methodology (RSM) maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Efisiensi Pompa hydram double katup buang memiliki efisiensi tertinggi pada ketinggian sumber air (H_{in}) sebesar 4 meter dan panjang pipa penggerak (L_{in}) sebesar 7.5 meter dengan efisiensi pompa sebesar 67.68%. Pompa hydraulic ram double katup buang memiliki efisiensi terendah pada ketinggian sumber air (H_{in}) sebesar 3 meter dan panjang pipa penggerak (L_{in}) sebesar 5.5 meter dengan efisiensi pompa sebesar 54.15%. Tinggi sumber air berpengaruh signifikan terhadap efisiensi pompa hydraulic ram, seperti yang ditunjukkan oleh hasil efisiensi pompa hydraulic double katup buang.
2. Berdasarkan hasil optimasi respons surface methodology pada unjuk kerja pompa hidram double katup buang menunjukkan area optimasi secara keseluruhan terhadap unjuk kerja pada pompa hidram. Nilai optimum terjadi pada ketinggian sumber air 3.2632 m dengan diameter pipa 0.00587 m. Dengan solusi optimum pada respon permukaan tersebut dapat menghasilkan debit air (Y) maksimum $0.0002 \text{ m}^3/\text{s}$, efisiensi D'Aubuisson (Y) maksimum 18.1444 dan efisiensi Pompa (Y) maksimum 62.6648 %.

5.2. Saran

Sangat penting untuk memperhatikan bagaimana pompa hidram double katup buang beroperasi untuk memperhitungkan aliran air yang masuk ke pompa. Ini akan memastikan bahwa tekanan dalam tabung pompa lebih besar dan pompa beroperasi lebih efektif menghasilkan jumlah air yang dipompa lebih banyak lagi.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. L. Yana, K. R. Dantes, And N. A. Wigraha, “Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, Vol. 5, No. 2, 2017, Doi: 10.23887/Jjtm.V5i2.10872.
- [2] E. P. Aji, I. A. Nugroho, And M. Kom, “Sistem Operasi Dan Perawatan Mesin Pompa Air Pt. Kereta Api Indonesia Daop Iv Semarang Tawang”. *J. Pengabdian. Kpd. Pt.KAI.*, Vol. 1, No. 1, 2020.
- [3] N. R. Ismail And M. A. Sahbana, “Pengaruh Ketinggian Sumber Air Terhadap Efisiensi Pompa Hidram,” *Widya Tek.*, Vol. 24, No. 2, 2016.
- [4] H. D. Wahjono, “Rancang Bangun Pompa Hidram Untuk Masyarakat Pedesaan,” *Jurnal Air Indonesia.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 178–186, 2006.
- [5] A. Puspawan, I. S. Nurul, S. Agus, And T. P. Shandy, “Kaji Ekperimental Pengaruh Variasi Diameter Tabung Udara Dan Tinggi Masukan Fluida Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pompa Hidrolik Ram (Pompa Hidram)”. *J. Tek. Mesin Unib.* Vol. 5, No. 3, Pp. 12-18, 2016
- [6] F. Huda, I. H. Rosma, And A. Jamaan, “Penerapan Hydraulic Ram Pump (Hydam) Untuk Pertanian Dan Perikanan Di Batu Bersurat,” *Din. J. Pengabdian. Kpd. Masyarakat.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 220–228, 2018, Doi: 10.31849/Dinamisia.V2i2.1702.
- [7] D. D. W. I. Y. S. Didin Dwi Yuli Satria, “Rancang Bangun Pompa Hidram (Hydraulic Ram Pump) Dengan 3 Varian Tabung Udara Untuk Model Sistem Irigasi Persawahan.” *Universitas Islam Majapahit Mojokerto. Majamecha*, Vol, 1, No. 1, Pp. 48-59, 2019.
- [8] M. R. Mulia, A. Wahab, And P. Hartono, “Analisa Perencanaan Pompa Hidraulik Ram,” *J. Tek. Mesin*, Vol. 3, No. 2, Pp. 9–16, 2017.
- [9] V. Nurrizky, “Rancang Bangun Dan Pengukuran Debit Pompa Hidram Pada Ketinggian Pipa Penyalur 8 Meter.” *Vokasi Undip*, 2019.
- [10] A. Eko Setyawan, “Pengaruh Berat Katup Limbah Dan Ketinggian Discharge Terhadap Kinerja Pompa Hidram”. *JTM*. Vol. 3, No. 3, Pp. 25-31, 2015.
- [11] R. Sutanto, “Effect Of The Length Of The Input Pipe And The Diameter Of The Waste Valve On The Performance Of The Hydram Pump,” *Jurnal Internasional Kemajuan Teknik dan Manajemen (IJAEM)*, Vol. 3, No. 8, Pp. 1415–1420, 2021, Doi: 10.35629/5252-030814151420.
- [12] S. Ndache Mohammed, “Design And Construction Of A Hydraulic Ram

Pump From Leonardo Electronic Journal Of Practices And Technologies,”
Leonardo Electron. J. Pract. Technol., No. 11, Pp. 59–70, 2007.

- [13] G. P. Utomo, E. Santoso, F. Teknik, And F. Teknik, “Analisa Pengaruh Tinggi Jatuhan Air Terhadap Efisiensi Pompa Hidram,”*J. Teknik Mesin*. Vol. 01, No. 02, Pp. 211–224, 2015.
- [14] M. Candrika, M. Murni, And S. Sutomo, “Rancang Bangun Dan Pengukuran Debit Pompa Hidram Pada Ketinggian Permukaan Sumber Air 0, 3 Meter Dengan Sudut Kemiringan Pipa Penghantar 0°(Design And Measurement Of Hidram Pump Discharge On Altitude Of Water Sources Surface 0, 3 Meter With A Tilt Angle 0.” D3 Teknik Mesi. Universitas Diponegoro, 2014.
- [15] I. M. A. Sayoga And I. M. Nuarsa, “60228-Id-Analisa-Pengaruh-Variasi-Sudut-Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa,” *Dinamika Unram*. Vol. 2, No. 2, Pp. 75–83, 2012.
- [16] M. Suarda, I. G. B. Wijaya Kusuma, M. Sucipta, And A. Ghurri, “Preliminary Study On Various Shaped Models Of Delivery Valve In Hydraulic Ram Pump – Experimental Results,” *Int. J. Eng. Emerg. Technol.*, Vol. 5, No. 1, P. 43, 2020, Doi: 10.24843/Ijeet.2020.V05.I01.P09.
- [17] I. Eka Putra, S. Sulaiman, And A. Galsha, “Analisa Rugi Aliran (Head Losses) Pada Belokan Pipa Pvc,” *Jurnal Sistem Mekanikal*, Vol. 3. No. 2, Pp. 34–39, 2017, Doi: 10.21063/Pimimd4.2017.34-39.
- [18] Darma Surya, Rancang Bangun Pompa Hidraulik Ram (Hydram), Universitas Sumatera Utara, Medan, 2013.
- [19] R. Trihaditia, M. Syamsiah, And A. Awaliyah, “Penentuan Formulasi Optimum Pembuatan Penambahan Tepung Terigu Menggunsksn Mrtofr Rsm (Response Surface Method),” *Agroscience*, Vol. 8, No. 2, Pp. 212–230, 2018.
- [20] E. Sulistiawan, R. Triwahyudi, And S. Pradana, “Pengaruh Volume Tabung Udara Dan Beban Katub Udara Dan Beban Katub Limbah Terhadap Efisiensi Kinerja Pompa Hidram,” *Widyagama. Proton*. Vol. 5, No. 2, Pp. 1–4, 2013.
- [21] Y. Herawati, G. D. Wibowo “Length Inlet To Hidram Efficiency,” *Din. Tek. Sipil*, UMS, Vol. 11, No. 2, Pp. 128–134, 2011.

LAMPIRAN

Data yang digunakan berdasarkan data hasil eksperimen dilapangan yang didapat dari pengumpulan data primer dan data sekunder. Pengumpulan data sejalan dengan perhitungan secara teoritis sehingga menghasilkan kesimpulan data. Adapun data hasil pompa hidram yang dioperasikan pada sumber ketinggian air 3 m, 3.5 m, dan 4 m dapat dilihat pada table 4.1 berikut:

Tabel Data Hasil Pengujian Pompa Hidram Double Katup Buang

H_{in} m	H_{out} m	D m	H_{limbah} m	L_{in} m	Q_{limbah} m^3/s	L_{out} m	Q_{out} m^3/s
3	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	10	0.00020
3	10	0.0508	0.031	7	0.000127	10	0.000191
3	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	10	0.000175
3	10	0.0508	0.031	6	0.000127	10	0.000167
3	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	10	0.000150
3.5	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	10	0.000233
3.5	10	0.0508	0.031	7	0.000127	10	0.000216
3.5	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	10	0.00020
3.5	10	0.0508	0.031	6	0.000127	10	0.000191
3.5	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	10	0.000183
4	10	0.0508	0.031	7.5	0.000127	10	0.000266
4	10	0.0508	0.031	7	0.000127	10	0.000250
4	10	0.0508	0.031	6.5	0.000127	10	0.000241
4	10	0.0508	0.031	6	0.000127	10	0.000233
4	10	0.0508	0.031	5.5	0.000127	10	0.000225

Pada Tabel 4.1 merupakan acuan utama dari hasil pengkonversian debit pompa hidram serta tekanan aliran air pada pipa input dan output untuk selanjutnya menentukan debit aliran pada katup buang dan kecepatan aliran air pada masing-masing ketinggian air (head) pompa hidram.

Menghitung Kecepatan Aliran pada Pompa Hidram Double Katup Buang

Untuk menentukan kecepatan aliran pada pompa hidram, debit air pada pipa masuk (Q_{in}), debit air katup limbah (Q_{limbah}), dan debit air hasil pemompaan

(Q_{out}), serta luas penampang pipa input (A_1) dan luas penampang pipa output (A_2) perlu ditentukan terlebih dahulu.

Menghitung Kecepatan Aliran pada Ketinggian Sumber Air 3 m

Hasil penelitian untuk ketinggian 3 m yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung kecepatan aliran air pada pompa hidram double katup buang dapat dilihat pada table 4.2 berikut:

Tabel Debit Air Hasil Pengujian Pompa Hidram Ketinggian 3 m

H_{in}	H_{out}	H_{limbah}	L_1	L_2	Q_{limbah}	Q_{out}
m	m	m	m	m	m^3/s	m^3/s
3	10	0.031	7.5	10	0.000127	0.00020
3	10	0.031	7	10	0.000127	0.000191
3	10	0.031	6.5	10	0.000127	0.000175
3	10	0.031	6	10	0.000127	0.000167
3	10	0.031	5.5	10	0.000127	0.000150

Ketinggian Sumber Air 3 m, Panjang Pipa Input 7.5 m dan Pipa Output 10 meter.

Merujuk pada persamaan 2.3 dan 2.4 untuk menghitung kecepatan aliran air dan luas penampang pipa pada pompa hidram adalah sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{Q_{in}}{A_1} \text{ m/s}$$

$$Q_{in} = Q_{limbah} + Q_{out}$$

$$= 0.000127 \text{ m}^3/\text{s} + 0.0002 \text{ m}^3/\text{s} = 0.000327 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2 \quad D_1 = 5.08 \text{ cm} = 0.0508 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0508)^2$$

$$= 0.00202 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{0.000327 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00202 \text{ m}^2} = 0.161 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q_{out}}{A_2} \text{ m/s}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 \qquad D_2 = 1.27 \text{ cm} = 0.0127 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0127)^2$$

$$= 0.000126 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0.0002 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000126 \text{ m}^2} = 1.58 \text{ m/s}$$

Merujuk pada persamaan yang sama untuk menghitung kecepatan aliran air pada head 3 m pompa hidram dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Hasil Kecepatan Aliran pada Head 3 m

H_{in} m	L_{in} m	Q_{in} m^3/s	A_1 m^2	A_2 m^2	V_1 m/s	V_2 m/s
3	7.5	0.000327	0.00202	0.000126	0.161	1.58
3	7	0.000318	0.00202	0.000126	0.157	1.51
3	6.5	0.000309	0.00202	0.000126	0.142	1.38
3	6	0.000294	0.00202	0.000126	0.145	1.32
3	5.5	0.000277	0.00202	0.000126	0.137	1.19
$V_{rata} =$					0.148	1.39

Menghitung Kecepatan Aliran pada Ketinggian Sumber Air 3.5 m

Hasil penelitian untuk ketinggian 3.5 m yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung kecepatan aliran air pada pompa hidram double katup buang dapat dilihat pada table 4.8 berikut:

Tabel Debit Air Hasil Pengujian Pompa Hidram Ketinggian 3.5 m

H_{in} m	H_{out} m	H_{limbah}	L_1 m	L_2 m	Q_{limbah} m^3/s	Q_{out} m^3/s
3.5	10	0.031	7.5	10	0.000127	0.000233
3.5	10	0.031	7	10	0.000127	0.000216
3.5	10	0.031	6.5	10	0.000127	0.00020
3.5	10	0.031	6	10	0.000127	0.000191
3.5	10	0.031	5.5	10	0.000127	0.000183

Ketinggian sumber air 3.5 m, panjang pipa input 7.5 m dan pipa output 10 m

Merujuk pada persamaan 2.2 dan 2.4 untuk menghitung kecepatan aliran air dan luas penampang pipa pada pompa hidram adalah sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{Q_{in}}{A_1} \text{ m/s}$$

$$Q_{in} = Q_{limbah} + Q_{out}$$

$$= 0.000127 \text{ m}^3/\text{s} + 0.000233 \text{ m}^3/\text{s} = 0.00036 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2 \quad D_1 = 5.08 \text{ cm} = 0.0508 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0508)^2$$

$$= 0.00202 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{0.00036 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00202 \text{ m}^2} = 0.178 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q_{out}}{A_2} \text{ m/s}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 \quad D_2 = 1.27 \text{ cm} = 0.0127 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0127)^2$$

$$= 0.000126 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0.000233 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000126 \text{ m}^2} = 1.84 \text{ m/s}$$

Merujuk pada persamaan yang sama untuk menghitung kecepatan aliran air pada head 3.5 m pompa hidram dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Hasil Kecepatan Aliran air pada Head 3.5 m

H_{in} m	L_{in} m	Q_{in} m^3/s	A_1 m^2	A_2 m^2	V_1 m/s	V_2 m/s
3.5	7.5	0.00036	0.00202	0.000126	0.171	1.84
3.5	7	0.000343	0.00202	0.000126	0.169	1.71
3.5	6.5	0.000327	0.00202	0.000126	0.161	1.58
3.5	6	0.000318	0.00202	0.000126	0.157	1.51
3.5	5.5	0.000310	0.00202	0.000126	0.153	1.45
$V_{rata} =$					0.162	1.61

Menghitung Kecepatan Aliran pada Ketinggian Sumber Air 4 m

Hasil penelitian untuk ketinggian 4 m yang digunakan sebagai acuan untuk menghitung kecepatan aliran air pada pompa hidram double katup buang dapat dilihat pada table 4.6 berikut:

Tabel Debit Air Hasil Pengujian Pompa Hidram Ketinggian 4 m

H_{in}	H_{out}	H_{limbah}	L_1	L_2	Q_{limbah}	Q_{out}
m	m		m	m	m^3/s	m^3/s
4	10	0.031	7.5	10	0.000127	0.000266
4	10	0.031	7	10	0.000127	0.00025
4	10	0.031	6.5	10	0.000127	0.000241
4	10	0.031	6	10	0.000127	0.000233
4	10	0.031	5.5	10	0.000127	0.000225

Ketinggian sumber air 4 m, panjang pipa input 7.5 m dan pipa output 10 m

Merujuk pada persamaan 2.2 dan 2.4 untuk menghitung kecepatan aliran air dan luas penampang pipa pada pompa hidram adalah sebagai berikut:

$$V_1 = \frac{Q_{in}}{A_1} \text{ m/s}$$

$$Q_{in} = Q_{limbah} + Q_{out}$$

$$= 0.000127 \text{ m}^3/\text{s} + 0.000266 \text{ m}^3/\text{s} = 0.000393 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2 \quad D_1 = 5.08 \text{ cm} = 0.0508 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0508)^2$$

$$= 0.00202 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{0.000393 \text{ m}^3/\text{s}}{0.00202 \text{ m}^2} = 0.194 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q_{out}}{A_2} \text{ m/s}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 \quad D_2 = 1.27 \text{ cm} = 0.0127 \text{ m}$$

$$= \frac{3.14}{4} (0.0127)^2$$

$$= 0.000126 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{0.000266 \text{ m}^3/\text{s}}{0.000126 \text{ m}^2} = 2.11 \text{ m/s}$$

Merujuk pada persamaan yang sama untuk menghitung kecepatan aliran air pada head 4 m pompa hidram dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Hasil Kecepatan Aliran air pada Head 4 m

H_{in} m	L_{in} m	Q_{in} m^3/s	A_1 m^2	A_2 m^2	V_1 m/s	V_2 m/s
4	7.5	0.000393	0.00202	0.000126	0.194	2.11
4	7	0.000377	0.00202	0.000126	0.186	1.98
4	6.5	0.000363	0.00202	0.000126	0.182	1.91
4	6	0.000360	0.00202	0.000126	0.178	1.84
4	5.5	0.000352	0.00202	0.000126	0.174	1.78
$V_{rata} =$					0.182	1.92

Menghitung Koefisien Gesek Pada Pipa

Untuk menentukan dan menghitung koefisien gesek pada pipa, bilangan Reynolds ditentukan terlebih dahulu. Bilangan Reynolds digunakan untuk menentukan jenis aliran pada pompa hidram.

Viskositas air pada penelitian ini adalah Viskositas air (μ) $25^\circ\text{C} = 8.99 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

Merujuk pada persamaan 2.7 untuk menentukan bilangan Reynolds pada ketinggian sumber air 3 m adalah sebagai berikut:

$$R_e = \frac{VD}{\mu}$$

$$R_e = \frac{(0.148)(0.0508)}{8.99 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 836.3070 \quad (\text{Aliran Laminar})$$

Merujuk pada persamaan 2.7 untuk menentukan bilangan Reynolds pada ketinggian sumber air 3.5 m adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{VD}{\mu}$$

$$Re = \frac{(0.162)(0.0508)}{8.99 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 915.4171 \quad (\text{Aliran Laminar})$$

Merujuk pada persamaan 2.7 untuk menentukan bilangan Reynolds pada ketinggian sumber air 4 m adalah sebagai berikut:

$$Re = \frac{VD}{\mu}$$

$$Re = \frac{(0.182)(0.0508)}{8.99 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 1028.4315 \quad (\text{Aliran Laminar})$$

Berdasarkan hasil diatas, Bilangan Reynolds pada masing-masing ketinggian sumber air bahwa jenis aliran pada pipa input adalah jenis aliran laminar (< 2000). Dari hasil diatas dapat disajikan dalam table berikut:

Tabel Bilangan Reynolds dan Jenis Aliran Pada H_{in}

H_{in}	Re	Jenis Aliran
3	836.3070	Laminar
3.5	915.4171	Laminar
4	1028.4315	Laminar

Material pipa yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis pipa PVC (Poli Vinyl Chloride) ($\epsilon = 0.0015$) dengan diameter pipa (D) = 2" (50.8 mm).

Menghitung Head Loss pada Pipa Penggerak

Head Loss pada pipa penggerak dibagi menjadi dua bagian yaitu Mayor Losses dan Minor Losses.

Mayor Losses pada pipa penggerak

Merujuk pada persamaan 2.11, Koefisien gesekan pada aliran laminar dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Maka nilai koefisien gesekan pada aliran laminar 3 m adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{836.3070} = 0.076$$

Merujuk pada persamaan yang sama maka koefisien gesekan pada aliran 3.5 m dan 4 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Koefisien Gesekan Pada Pipa

H_{in}	Re	f
3 m	836.3070	0.0076
3.5 m	915.4171	0.0069
4 m	1028.4315	0.0062

Pada tabel diatas dapat dilihat nilai koefisien gesekan pada ketinggian 3 m adalah koefisien gesekan paling tinggi yaitu $f = 0.076$

Maka dengan persamaan 2.9 didapat mayor losses pada pipa penggerak yaitu:

$$H_{L.ma} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2.g}$$

1. Mayor Losses H_{in} 3 m

Merujuk pada persamaan 2.9 menghitung mayor losses pada pipa penggerak dengan head 3 m dan $f = 0.0076$ adalah sebagai berikut:

$$H_{L.ma} = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2.g}$$

$$H_{L.ma} = 0.0076 \frac{7.5}{0.0508} \frac{0.148^2}{2 \times 9.81}$$

$$H_{L.ma} = 0.00125 \text{ m}$$

Merujuk pada persamaan yang sama, head losses mayor pada masing-masing ketinggian saluran pipa penggerak dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Head Losses Mayor Pada Pipa Input

H_{in}	L_{in}	$H_{L.ma}$
m	m	m
3	7.5	0.00125
3.5	7.5	0.00136
4	7.5	0.00154

Berdasarkan hasil diatas, Mayor Losses pada masing-masing ketinggian sumber air bahwa mayor losses paling tinggi adalah pada Mayor Losses H_{in} 4 m dan L_{in} 7.5 m dengan hasil $H_{L.ma} = 0.00154$ m dan paling rendah adalah pada Mayor Losses H_{in} 3 m dan L_{in} 7.5 m dengan hasil $H_{L.ma} = 0.00125$ m.

Minor Losses pada saluran pipa penggerak

Untuk menghitung minor losses pada saluran pipa penggerak terlebih dahulu menghitung total nilai K pada saluran pipa. Nilai K sebagai acuan untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel Nilai K pada Sambungan Pipa

Jenis Sambungan	K
Globe Valve	0.2
Tee-Junction	0.1
Tee-Junction	0.1
elbow 90°	0.95
elbow 90°	0.95
elbow 45°	0.5
elbow 45°	0.5
socket	0.1
K Total =	3.4

Merujuk pada persamaan 2.10 untuk menghitung minor losses pada saluran pipa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_{L.mi} = K \frac{V^2}{2.g}$$

1. Minor Losses H_{in} 3 m

Merujuk pada persamaan 2.10 untuk menghitung minor losses pada saluran pipa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$H_{L.mi} = K \frac{V^2}{2.g}$$

$$H_{L.mi} = (3.4) \frac{0.148^2}{2 \times 9.81}$$

$$= 0.0037 \text{ m}$$

Merujuk pada persamaan yang sama, head losses minor pada masing-masing ketinggian saluran pipa penggerak dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Minor Loses Pada Pipa Penggerak

H_{in}	$V_{Rata-rata}$	$H_{L.mi}$
3 m	0.140	0.0037
3.5 m	0.159	0.0045
4 m	0.193	0.0057

Merujuk pada persamaan 2.12 Maka Head Losses total pada sepanjang pipa penggerak sepanjang saluran pipa penggerak adalah:

$$H_{L\ tot} = H_{L.ma} + H_{L.mi}$$

1. Head Losses Total pada Ketinggian 3 m

$$H_{L\ tot} = H_{L.ma} + H_{L.mi}$$

$$H_{L\ tot} = 0.00125 + 0.0037 = 0.00495 \text{ m}$$

2. Head Losses Total pada Ketinggian 3.5 m

$$H_{L\ tot} = H_{L.ma} + H_{L.mi}$$

$$H_{L\ tot} = 0.00136 + 0.0045 = 0.00586 \text{ m}$$

3. Head Losses Total pada Ketinggian 4 m

$$H_{L\ tot} = H_{L.ma} + H_{L.mi}$$

$$H_{L\ tot} = 0.00154 + 0.0057 = 0.00724 \text{ m}$$

Dari hasil diatas, Head losses total pada pada pipa penggerak dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Head Losses total pada pipa penggerak

H_{in} m	$V_{Rata-rata}$ m/s	$H_{L.mi}$ m	$H_{L.ma}$ m	$H_{L.tot}$ m
3 m	0.148	0.0037	0.00125	0.00495
3.5 m	0.162	0.0045	0.00136	0.00586
4 m	0.182	0.0057	0.00154	0.00724

Menghitung Volume Pemompaan Tiap Siklus

Untuk mencari volume pemompaan tiap siklus terlebih dahulu menghitung volume pada pipa penggerak. Merujuk pada persamaan 2.14 untuk mencari volume Pipa penggerak adalah sebagai berikut:

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

Pada penelitian ini, pipa yang digunakan adalah pipa pvc dengan diam 2” (D = 5.08 cm = 0.0508 m, r = 2.54 cm = 0.0254 m) memiliki panjang yang berbeda yaitu pipa 7.5 m, 7 m, 6.5 m, 6 m, dan 5.5 m. maka perlu dihitung volume (V) dari masing – masing panjang pipa.

1. Pipa 7.5 m

Untuk menghitung volume pipa 7.5 m maka digunakan persamaan 2.14, yaitu:

$$V = \pi \times r^2 \times t$$

$$V = 3.14 \times 0.0254^2 \times 7.5$$

$$V = 0.0151 \text{ m}^3$$

Merujuk pada persamaan yang sama volume pada masing-masing pipa penggerak dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Volume Air Pada Pipa Penggerak

L_{in}	Volume Pipa
m	m^3
7.5	0.0151
7	0.0141
6.5	0.0131
6	0.0121
5.5	0.0111

Merujuk pada persamaan 2.13 untuk mencari volume pemompaan tiap siklus adalah sebagai berikut:

$$V_q = \frac{V_a \cdot v_1^2}{2g \cdot H_{out}}$$

Menghitung Volume Pemompaan Tiap Siklus Pada $H_{in} = 3$ m

1. Volume pemompaan tiap siklus pada $L_{in} = 7.5$ m

$$V_q = \frac{0.0151 \times 0.141^2}{(2 \times 9.81)10} = 1.53 \times 10^{-6} m^3$$

Merujuk pada persamaan yang sama volume pemompaan tiap siklus pada masing-masing pipa penggerak dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Hasil Volume Tiap Siklus Pemompaan

H_{in}	L_{in}	Volume
m	m	m^3
3	7.5	1.53×10^{-6}
3	7	1.44×10^{-6}
3	6.5	1.30×10^{-6}
3	6	1.22×10^{-6}
3	5.5	1.07×10^{-6}
3.5	7.5	2.06×10^{-6}
3.5	7	1.86×10^{-6}
3.5	6.5	1.66×10^{-6}
3.5	6	1.52×10^{-6}
3.5	5.5	1.43×10^{-6}
4	7.5	2.89×10^{-6}
4	7	2.64×10^{-6}
4	6.5	2.46×10^{-6}
4	6	2.32×10^{-6}
4	5.5	2.12×10^{-6}

Dari hasil diatas, Volume pemompaan tiap siklus yang paling besar adalah volume pemompaan pada H_{in} 4 m, L_{in} 7.5 m dengan volume = $2.89 \times 10^{-6} m^3$ dan paling kecil adalah volume pemompaan pada H_{in} 3 m, L_{in} 5.5 m dengan volume = $1.07 \times 10^{-6} m^3$.

Menghitung Efisiensi D'Aubuisson Pompa Hidram Double Katup Buang

Efisiensi pada pompa hidram dibagi menjadi dua bagian yaitu Efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson dan Efisiensi pompa hidram secara umum.

Merujuk pada persamaan 2.15 Efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_A = \frac{Q_{out} \times H_{out}}{(Q_{limbah} + Q_{out})H_{in}} \times 100\%$$

Merujuk pada persamaan 2.16 Efisiensi pompa hidram secara umum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_R = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \%$$

Menghitung Efisiensi D'Aubuisson Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head) 3 m

Berikut merupakan tabel hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 3 m.

Tabel Hasil Konversi Satuan Debit Air

L_{in} m	Q_{limbah} m^3/s	Q_{out} m^3/s	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m
7.5	0.000127	0.0002	7.62	12
7	0.000127	0.000191	7.62	11.46
6.5	0.000127	0.000175	7.62	10.5
6	0.000127	0.000167	7.62	10.02
6.5	0.000127	0.00015	7.62	9

1. Efisiensi pada H_{in} 3 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.15 Efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_A = \frac{Q_{out} \times H_{out}}{(Q_{Limbah} + Q_{out})H_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_A = \frac{12 \times 10 \text{ m}}{(7.62 + 12) 3 \text{ m}} \times 100\%$$

$$\eta_A = 20.3 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi menurut D'Aubuisson pada ketinggian sumber air 3 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi D'Aubuisson pada head 3 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η_A %
7.5	7.62	12	20.3
7	7.62	11.46	20.02
6.5	7.62	10.5	19.31
6	7.62	10.02	18.93
6.5	7.62	9	18.05

Dari hasil diatas, Efisiensi D'Aubuisson yang paling besar adalah 20.3 % dan paling kecil adalah 18.05 %.

Menghitung Efisiensi D'Aubuisson Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head)

3.5 m

Berikut merupakan tabel hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 3.5 m.

Tabel Hasil Konversi Satuan Debit Air

Q_{limbah} m^3/s	Q_{out} m^3/m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m
0.000127	0.000233	7.62	13.98
0.000127	0.000216	7.62	12.96
0.000127	0.0002	7.62	12
0.000127	0.000191	7.62	11.46
0.000127	0.000183	7.62	10.98

1. Efisiensi pada H_{in} 3.5 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.15 Efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_A = \frac{Q_{out} \times H_{out}}{(Q_{limbah} + Q_{out})H_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_A = \frac{13.98 \times 10 m}{(7.62 + 13.98)3.5 m} \times 100\%$$

$$\eta_A = 18.49 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi menurut D'Aubuisson pada ketinggian sumber air 3.5 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi D'Aubuisson pada Head 3.5 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η_A %
7.5	7.62	13.98	18.49
7	7.62	12.96	17.99
6.5	7.62	12	17.47
6	7.62	11.46	17.16
6.5	7.62	10.98	17.85

Dari hasil diatas, Efisiensi D'Aubuisson pada Head 3.5 m yang paling besar adalah 18.49 % dan paling kecil adalah 17.16 %.

Menghitung Efisiensi D'Aubuisson Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head)

4 m

Berikut merupakan tabel hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 4 m.

Tabel Hasil Konversi Satuan Debit Air

Q_{limbah} m^3/s	Q_{out} m^3/s	Q_{limbah} l/s	Q_{out} l/s
0.000127	0.000266	7.62	15.96
0.000127	0.00025	7.62	15
0.000127	0.000241	7.62	14.46
0.000127	0.000233	7.62	13.98
0.000127	0.000225	7.62	13.5

1. Efisiensi pada H_{in} 4 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.15 Efisiensi pompa hidram menurut D'Aubuisson dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta_A = \frac{Q_{out} \times H_{out}}{(Q_{limbah} + Q_{out})H_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_A = \frac{15.96 \times 10 \text{ m}}{(7.56 + 15.96) 4 \text{ m}} \times 100\%$$

$$\eta_A = 16.96 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi menurut D'Aubuisson pada ketinggian sumber air 4 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi D'Aubuisson pada Head 4 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η_A %
7.5	7.62	15.96	16.92
7	7.62	15	16.57
6.5	7.62	14.46	16.37
6	7.62	13.98	16.18
6.5	7.62	13.5	15.98

Dari hasil diatas, Efisiensi D'Aubuisson pada Head 4 m yang paling besar adalah 16.92 % dan paling kecil adalah 15.98 %.

Menghitung Efisiensi Pompa Hidram Double Katup Buang

Merujuk pada persamaan 2.16 Efisiensi pompa hidram secara umum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \%$$

Menghitung Efisiensi Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head) 3 m

Merujuk pada tabel 4.16 hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 3 m maka dapat dihitung menggunakan efisiensi pompa hidram.

1. Efisiensi pada H_{in} 3 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.16 Efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \%$$

$$\eta = \frac{12}{(12+7.62)} 100 \% = 61.16 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi pompa hidram pada ketinggian sumber air 3 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi pada head 3 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η %
7.5	7.62	12	61.16
7	7.62	11.46	60.06
6.5	7.62	10.5	57.94
6	7.62	10.02	56.80
5.5	7.62	9	54.15

Dari hasil diatas, Efisiensi pada Head 3 m yang paling besar adalah 61.16 % dan paling kecil adalah 54.15 %.

Menghitung Efisiensi Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head) 3.5 m

Merujuk pada tabel hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 3.5 m maka dapat dihitung menggunakan efisiensi pompa hidram.

1. Efisiensi pada H_{in} 3.5 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.16 Efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \%$$

$$\eta = \frac{13.98}{(13.98+7.62)} 100 \% = 70.18 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi pompa pada ketinggian sumber air 3.5 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi pada head 3.5 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η %
7.5	7.62	13.98	64.72
7	7.62	12.96	62.97
6.5	7.62	12	61.16
6	7.62	11.46	60.06
6.5	7.62	10.98	59.03

Dari hasil diatas, Efisiensi pada Head 3.5 m yang paling besar adalah 64.72 % dan paling kecil adalah 59.03 %.

Menghitung Efisiensi Pompa Hidram Pada Ketinggian (Head) 4 m

Merujuk pada tabel 4.20 hasil konversi satuan pada debit air penelitian pompa hidram double katup buang pada sumber air ketinggian 4 m maka dapat dihitung menggunakan efisiensi pompa secara umum.

1. Efisiensi pada H_{in} 4 m dan L_{in} 7.5 m

Merujuk pada persamaan 2.16 Efisiensi pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} 100 \%$$

$$\eta = \frac{15.96}{(15.96+7.62)} 100 \% = 67.85 \%$$

Merujuk pada persamaan yang sama efisiensi Pompa pada ketinggian sumber air 4 m dapat disajikan dalam tabel berikut:

Tabel Efisiensi Pompa pada head 4 m

L_{in} m	Q_{limbah} l/m	Q_{out} l/m	η %
7.5	7.62	15.96	67.68
7	7.62	15	66.31
6.5	7.62	14.46	65.48
6	7.62	13.98	64.72
6.5	7.62	13.5	63.92