

## OPTIMIZATION MODEL FOR USING WATER FLOW IN HYDRAM PUMP STORAGE BARRELS AS A SOURCE OF SUSTAINABLE ELECTRICITY GENERATION ON A LABORATORY SCALE

### MODEL OPTIMASI PENGGUNAAN ALIRAN AIR PADA TONG PENAMPUNG HYDRAM PUMP SEBAGAI SUMBER PEMBANGKIT LISTRIK BERKELANJUTAN SKALA LABORATORIUM

Vontas Alfenny Nahan<sup>1</sup>, Topan Eka Putra<sup>2</sup>, Revianti Coenraad<sup>3</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Palangka Raya

<sup>2)3)</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP, Universitas Palangka Raya  
Jl. H.Timang Tunjung Nyaho Palangkaraya Kode Pos 73112

Email: [vontas@fkip.upr.ac.id](mailto:vontas@fkip.upr.ac.id)

#### ABSTRACT

Currently, energy needs are increasing greatly, this is influenced by increasing population growth and human activity. The development of simpler renewable energy must be encouraged to meet energy needs, at least to meet the domestic energy needs of households. A hydam pump is a tool that can utilize water flow to produce kinetic energy which is then converted into potential energy to lift water to a certain height. This potential energy can be converted into electrical energy through a generator.

A hydam pump is a tool used to raise water from a low place to a higher place automatically with energy originating from the water itself, namely because of the height of the falling water which is used to press the valve on the hydam pump and result in a water hammer when the water is stopped automatically. suddenly, then the change in momentum of the fluid mass will also increase the pressure suddenly.

This research was carried out at the Mechanical Engineering Education Laboratory at Palangka Raya University with the methods described which will include experimental steps, data collection and analysis to be carried out. This research aims to develop an optimization model for the use of water flow in the hydam pump reservoir as a source of sustainable electricity generation on a laboratory scale. The results of this research have been carried out 4 times with the height of the turbine from the bottom of the experimental floor being 3 m while the size of the exhaust valve opening is  $\pm 4$  cm and the height of the water plunge from the barrel to the hydam pump is 2 m; 1.5m; 1.2 m is able to produce stable turbine rotation so that the lights come on. However, at a height of 1 m from the barrel to the hydam pump, the turbine rotation produces dim lights.

**Key words:** *Energy, Experimental, Hydam Pump*

#### ABSTRAK

Saat ini kebutuhan energi sangat meningkat, hal ini di pengaruhi adanya peningkatan pertambahan penduduk dan aktivitas manusia. Pengembangan energi terbarukan yang lebih sederhana harus digalakkan untuk memenuhi kebutuhan energi, setidaknya untuk memenuhi kebutuhan energi domestik rumah tangga. Pompa hydam merupakan alat yang dapat memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi potensial untuk mengangkat air ke ketinggian tertentu. Energi potensial ini dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui generator.

Pompa hydam merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri yaitu karena adanya tinggi air jatuh yang digunakan untuk menekan katup pada pompa hidram dan mengakibatkan water hammer ketika air diberhentikan secara tiba-tiba, maka perubahan momentum massa fluida tersebut akan meningkatkan tekanan secara tiba-tiba pula.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin Universitas Palangka Raya dengan metode yang diuraikan akan mencakup langkah-langkah eksperimental, pengumpulan data, dan analisis yang akan dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi penggunaan aliran air pada tong penampung pompa hydam sebagai sumber pembangkit listrik berkelanjutan dalam skala laboratorium. Hasil dari penelitian ini telah dilakukan 4 kali pengujian dengan ketinggian turbin dari dasar lantai percobaan 3 m sedangkan besaran bukaan katup pembuang  $\pm 4$  cm dan ketinggian terjunan air dari tong menuju hydam pump 2 m; 1,5 m; 1,2 m mampu menghasilkan putaran turbin yang stabil sehingga lampu menyala. Namun pada ketinggian terjunan air dari tong menuju hydam pump 1 m putaran turbin menghasilkan lampu yang redup.

**Kata Kunci :** *Energi, Eksperimental, Hydam Pump*

## PENDAHULUAN

Energi erat kaitannya dengan alam dan teknologi. Dari alam energi dihasilkan dan dengan teknologi energi dapat digunakan secara optimal. Saat ini kebutuhan energi sangat meningkat, hal ini di pengaruhi adanya peningkatan pertambahan penduduk dan aktivitas manusia. Ketidak-seimbangan permintaan dan penawaran pertambahan penduduk dan pesatnya industrialisasi dunia, mengakibatkan tersedotnya cadangan energi, khususnya energi fosil yang merupakan sumber energi utama dunia. Air merupakan salah satu potensi untuk pengembangan energi terbarukan, seperti PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) yang di terapkan pada sungai dan waduk.

Pengembangan energi terbarukan yang lebih sederhana harus digalakkan untuk memenuhi kebutuhan energi, setidaknya untuk memenuhi kebutuhan energi domestik rumah tangga. Jika rumah tangga memiliki sumber energi sendiri maka penggunaan energi yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga besar dapat dialokasikan sepenuhnya pada kebutuhan industri, pendidikan dan lain sebagainya. Pompa hidram merupakan salah satu teknologi untuk menaikkan air dari elevasi tertentu menuju elevasi di atasnya dengan memanfaatkan sifat air itu sendiri. Mekanisme pompa hidram ialah memasukkan air kedalam sistem yang telah dibuat sehingga menimbulkan water hammer di dalam sistem, sehingga air akan saling menabrak dan menimbulkan tekanan. Apabila mekanisme pompa hidram diterapkan pada sebuah sistem yang akan memutar turbin, air yang dialirkan oleh pompa hidram ke elevasi yang tinggi akan memutar sebuah turbin.

Pompa hidram merupakan alat yang dapat memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan energi kinetik yang kemudian diubah menjadi energi potensial untuk mengangkat air ke ketinggian tertentu. Energi potensial ini dapat dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Penggunaan pompa hidram sebagai sumber pembangkit listrik berkelanjutan memiliki potensi untuk menyediakan energi listrik di daerah yang sulit dijangkau oleh sumber energi konvensional, terutama di wilayah pedesaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model optimasi penggunaan aliran air pada tong penampung pompa hidram sebagai sumber pembangkit listrik berkelanjutan dalam skala laboratorium. Model ini akan mempertimbangkan variabel-variabel tertentu, seperti ukuran aliran air, tekanan, dan efisiensi alat, untuk menentukan konfigurasi terbaik guna menghasilkan energi listrik yang optimal.

Manfaat penelitian yaitu:

1. Menambah pengetahuan tentang hidram pump
2. Menambah pengetahuan mengenai optimasi penggunaan aliran pada tong penampung sebagai sumber pembangkit listrik.

Keberhasilan penelitian ini akan memberikan kontribusi penting pada pengembangan sumber energi

berkelanjutan menggunakan pompa hidram. Dengan menciptakan model optimasi yang tepat, akan memungkinkan pemanfaatan energi air secara lebih efisien, sehingga potensi pembangkitan listrik dari sumber air dapat dioptimalkan. Dalam jangka panjang, penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk mengimplementasikan teknologi pompa hidram dalam skala yang lebih luas, terutama di daerah pedesaan yang membutuhkan sumber energi alternatif.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Energi

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia No. 30 Tahun 2007, Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia dan elektromagnetika. Energi erat kaitannya dengan alam dan teknologi. Dari alam energi dihasilkan dan dengan teknologi energi dapat digunakan secara optimal. Saat ini kebutuhan energi sangat meningkat, hal ini di pengaruhi adanya peningkatan pertambahan penduduk dan aktivitas manusia. Ketidak-seimbangan permintaan dan penawaran pertambahan penduduk dan pesatnya industrialisasi dunia, mengakibatkan tersedotnya cadangan energi, khususnya energi fosil yang merupakan sumber energi utama dunia.

#### 1. Energi Hidrolik (*Hydraulic Energy*)

Energi hidrolik (*hydraulic energy*) adalah kemampuan air untuk melakukan usaha. Sedangkan usaha merupakan jumlah energi yang bekerja per satuan waktu. Ada dua macam:

##### a. Energi Kinetik

Energi kinetik adalah energi akibat dari aliran air dalam pipa dirumuskan :

$$E_k = v^2/2 \quad (2.1)$$

Dimana :

$E_k$  = Energi Kinetik Hidrolis (joule)  $V$  = Kecepatan Aliran (m/dt)  
 $g$  = Percepatan Gravitasi (m<sup>2</sup>/dt)

##### b. Energi Potensial

Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh tekanan yang bekerja dalam air atau energi yang di hasilkan oleh adanya selisih ketinggian (elevasi).

##### c. Energi Potensial Tekanan

Energi potensial tekanan merupakan energi yang dimiliki oleh partikel-partikel air yang berada dalam tekanan yang bersesuaian. Dirumuskan :

$$E_p = P/W \quad (2.2)$$

Dimana :

$E_p$  = energi potensial tekanan (joule)  $P$  = tekanan (kg/m<sup>2</sup>)

$W$  = berat volume air ( $V_w$ )

#### 2. Energi Listrik

Energi listrik merupakan suatu energi yang berasal dari muatan listrik yang menimbulkan medan listrik statis atau Bergeraknya elektron pada konduktor (pengantar listrik) atau ion (positif atau negatif) pada zat cair atau gas

(Okky, 2017). Listrik mempunyai satuan Ampere yang disimbolkan dengan A dan tegangan listrik yang disimbolkan dengan V dengan satuan volt dengan ketentuan kebutuhan pemakaian daya listrik Watt yang disimbolkan dengan W. Energi listrik bisa diciptakan oleh sebuah energi lain dan bahkan sanggup memberikan suatu energi yang nantinya bisa dikonversikan pada energi yang lain. Jika di dalam sebuah rangkaian diberi beda potensial V sehingga mengalirkan suatu muatan listrik sejumlah Q dan arus listrik sebesar I, maka energi listrik yang diperlukan,

$$W = Q V \text{ dengan } Q = I t \quad (2.3)$$

Keterangan :

W = Energi listrik ( Joule)

I = Arus Listrik (Ampere)

Q = Muatan listrik ( Coulomb)

t = waktu (detik)

V = Beda potensial ( Volt )

W merupakan energi listrik dalam satuan joule, di mana 1 joule adalah energi diperlukan untuk memindahkan satu muatan sebesar 1 coulomb dengan beda potensial 1 volt. Sehingga 1 joule = coulomb × volt. Sedangkan pada muatan per satuan waktu adalah kuat arus yang mengalir maka energi listrik bisa ditulis, Karena  $I = Q/t$  maka didapatkan perumusan:

$$W = (I.t).V \quad W = V I t \quad (2.4)$$

Jika persamaan tersebut dihubungkan dengan hukum Ohm ( $V = I.R$ ) maka diperoleh perumusan:

$$W = I^2 R \text{ atau } W = \quad (2.5)$$

Dari persamaan-persamaan menunjukkan bahwa besarnya suatu energi listrik tergantung pada muatan, beda potensial, arus listrik, hambatan, dan waktu. Semakin besar muatan, kuat arus, beda potensial dan waktu, semakin besar pula sebuah energinya. Sedang untuk hambatan, semakin besar hambatan, energinya semakin kecil.

### Konversi Energi

Konversi Energi dalam pengetahuan teknologi dan fisika dapat diartikan sebagai kemampuan melakukan kerja. Energi di dalam alam adalah suatu besaran yang kekal (hukum termodinamika pertama). Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dikonversikan / berubah dari bentuk energi yang satu ke bentuk energi yang lain, misalnya pada kompor di dapur, energi yang tersimpan dalam minyak tanah diubah menjadi api. Selanjutnya jika api digunakan untuk memanaskan air dalam panci, energi berubah bentuk lagi menjadi gerak molekul - molekul air. Perubahan bentuk energi ini disebut konversi. Sedangkan perpindahan energi disebabkan adanya perbedaan temperatur yang disebut kalor. Energi juga dapat dipindahkan dari suatu sistem ke sistem yang lain melalui gaya yang mengakibatkan pergeseran posisi benda. Transfer energi ini adalah kemampuan suatu sistem untuk menghasilkan suatu kerja yang pengaruh/berguna bagi kebutuhan manusia secara positif.

### 1. Perubahan Energi Panas Jadi Energi Listrik

Termoelektrik yang mengubah energi panas menjadi tenaga listrik adalah salah satu proses penggunaan elektron yang mana berperan sebagai fluida yang memiliki fungsi sebagai kuantum magnetisasi atau yang dinamakan sebagai magnon. Beberapa penelitian yang menyebutkan bahwa termodinamika yang berbasis magnon sampai saat ini masih selalu dilakukan dengan menggunakan filter atau bahan film yang sangat tipis sehingga energi atau tegangan yang dihasilkan pun juga sangat rendah atau hanya dalam skala yang sangat kecil.

Namun, dengan adanya perkembangan penggunaan bahan bakar limbah karbondioksida yang dihasilkan dari kendaraan bermotor maka saat ini partikel dan material komposit juga semakin bertambah dengan dukungan komposit dari bahan platinum dan juga nikel sehingga tegangan yang dihasilkan pun lebih besar dibandingkan dengan magnon sebelumnya.

### 2. Konversi Energi Elektromekanik

Konversi energi listrik menjadi energi mekanik (motor) dan sebaliknya dari energi mekanik menjadi energi listrik (generator) berlangsung melalui medium medan magnet. Energi yang akan diubah dari satu ke lain sistem, sementara akan tersimpan pada medium medan magnet untuk kemudian dilepaskan menjadi energi sistem lainnya. Dengan demikian medan magnet di sini selain berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi juga sekaligus sebagai medium untuk mengkopel proses perubahan energi.

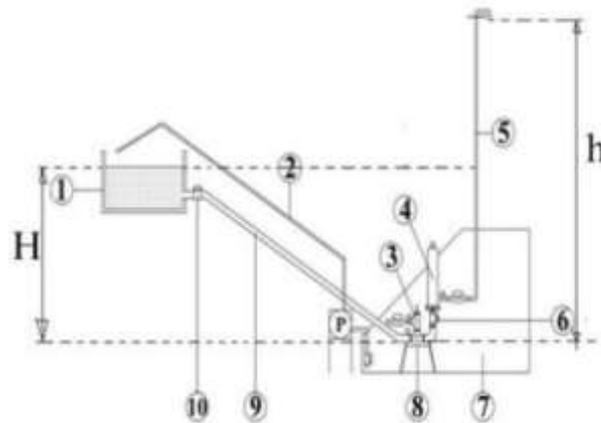
### Pompa Hidram

Pompa adalah peralatan mekanis untuk merubah energi mekanik dari mesin penggerak pompa menjadi energi tekan fluida yang dapat membantu memindahkan fluida ke tempat yang lebih tinggi elevasinya (Munson, 2005).

Pompa hidram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri yaitu karena adanya tinggi air jatuh yang digunakan untuk menekan katup pada pompa hidram dan mengakibatkan water hammer ketika air diberhentikan secara tiba-tiba, maka perubahan momentum massa fluida tersebut akan meningkatkan tekanan secara tiba-tiba pula. Peningkatan tekanan fluida ini digunakan untuk mengangkat sebagian fluida tersebut ke tempat yang lebih tinggi (International Development Research Centre, 2005)

Cara Kerja Pompa Hydram: pompa hidram merupakan alat untuk menaikkan air ke tempat yang lebih tinggi atau pompa energi yang penggerakannya tidak menggunakan bahan bakar minyak ataupun listrik, tetapi secara otomatis dengan energi kinetik yang berasal dari air itu sendiri. Dengan demikian air dialirkan dari sumber atau suatu tampungan kedalam pompa hidram melalui pipa inlet dengan posisi pompa yang lebih rendah dari

sumber air tampungan tersebut. Bagian-bagian pompa hidram dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1 Bagian - Bagian Pompa Hydram (Afif, 2016)

Keterangan gambar pompa hidram:

1. Tangki air (reservoir)
2. Pipa sirkulasi
3. Katup buang / katup limbah
4. Tabung udara
5. Pipa penghantar
6. Katup penghantar
7. Tangki penampung
8. Dudukan pompa
9. Pipa inlet
10. Katup pemasukan
11.  $H$  = Tinggi permukaan reservoir
12.  $h$  = Tinggi pipa penghantar

Dari keterangan Gambar 1 di atas, air mengalir ke badan pompa dan air sebagian keluar melalui katup buang dengan cukup cepat, maka tekanan dinamik yang dihasilkan air bergerak ke atas mendorong katup buang sehingga katup buang akan tertutup secara tiba-tiba dan katup buang tersebut menghentikan aliran air dalam pipa inlet.

Air yang terhenti akibat katup buang tertutup mengakibatkan tekanan besar yang terjadi secara tiba-tiba di dalam pompa hidram. Tekanan air yang besar atau "water hammer" dalam badan pompa, sebagian air masuk ke dalam tabung udara yang berfungsi meratakan perubahan tekanan yang terjadi, melalui katup penghantar air di dalam tabung tidak bisa kembali lagi ke pompa karena katup searah yang menghalangi kembalinya air ke dalam pompa, sehingga air dalam tabung tersebut akan keluar melalui pipa penghantar (outlet) yang menghasilkan air ke atas menuju ketinggian tertentu.

#### 1. Prinsip Dasar Pompa Hidram

Dari keterangan Gambar 1 tersebut, air mengalir ke badan pompa dan air sebagian keluar melalui katup buang dengan cukup cepat, maka tekanan dinamik yang dihasilkan air bergerak ke atas mendorong katup buang sehingga katup buang akan tertutup secara tiba-tiba dan

katup buang tersebut menghentikan aliran air dalam pipa inlet.

Air yang terhenti akibat katup buang tertutup mengakibatkan tekanan besar yang terjadi secara tiba-tiba di dalam pompa hidram. Tekanan air yang besar atau "water hammer" dalam badan pompa, sebagian air masuk ke dalam tabung udara yang berfungsi meratakan perubahan tekanan yang terjadi, melalui katup penghantar air di dalam tabung tidak bisa kembali lagi ke pompa karena katup searah yang menghalangi kembalinya air ke dalam pompa, sehingga air dalam tabung tersebut akan keluar melalui pipa penghantar (outlet) yang menghasilkan air ke atas menuju ketinggian tertentu (Afif, 2016). Cara kerja pompa hidraulik ram *automatic* 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 katup 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 (Santoso, 2016).

#### 2. Palu Air (*Water Hammer*)

Palu air terjadi karena adanya air dari reservoir dialirkan melalui pipa secara tiba-tiba dihentikan oleh suatu penutupan katup, maka energi potensial akan berubah menjadi energi kinetik, sehingga serangkaian gelombang tekanan positif dan negatif akan bergerak maju mundur di dalam pipa sampai terhenti akibat gesekan.

Pompa hidram bekerja berdasarkan palu air, ketika suatu aliran fluida dalam pipa dihentikan secara tiba-tiba misalnya dengan menutup katup dengan sangat cepat, sehingga akan membentur katup dan menimbulkan tekanan yang melonjak disertai fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat. Sebagian gelombang tekanan tersebut akan menjadi arus balik ke arah reservoir dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada

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

### Optimasi Aliran

Perkembangan terbaru dalam bidang ini telah mencakup aspek-aspek seperti optimasi aliran air, efisiensi pompa hidram, dan penggunaan teknologi terkini dalam menghasilkan listrik dari energi air.

#### 1. Optimasi Penggunaan Aliran Air pada Pompa Hydram

Dalam penelitian oleh Zhao et al. (2019), dilakukan eksperimen dan simulasi numerik untuk mengoptimalkan penggunaan aliran air pada pompa hidram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan memvariasikan ukuran aliran air dan tekanan, efisiensi pompa hidram dapat meningkat hingga 25% dibandingkan dengan pengaturan standar. Penggunaan model optimasi semacam ini menjadi penting dalam meningkatkan performa pompa hidram sebagai pembangkit listrik berkelanjutan.

#### 2. Efisiensi Pompa Hydram

Dalam penelitian oleh Li et al. (2020), dilakukan analisis kinerja dan efisiensi dari pompa hidram berbasis air limbah di daerah perkotaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan rasio diameter pipa dan ukuran katup, efisiensi pompa hidram dapat meningkat secara signifikan. Penelitian ini memberikan pemahaman lebih dalam tentang bagaimana memaksimalkan efisiensi pompa hidram dalam berbagai kondisi.

#### 3. Teknologi Terkini dalam Pembangkit Listrik Hydram

Dalam penelitian oleh Chen et al. (2022), dikembangkan sebuah prototipe pompa hidram berbasis mikrokontroler dan sensor canggih untuk mengoptimalkan penggunaan aliran air. Sistem ini mampu memonitor secara real-time dan mengatur parameter-parameter penting untuk menghasilkan energi listrik yang maksimal. Penggunaan teknologi terkini ini memberikan potensi pengembangan sistem pembangkit listrik hidram yang lebih cerdas dan adaptif.

### ROADMAP PENELITIAN

Berikut roadmap penelitian yang diusulkan untuk pengembangan model optimasi penggunaan aliran air pada tong penampung pompa hidram sebagai sumber pembangkit listrik berkelanjutan skala laboratorium:

1. Analisis Kondisi dan Karakteristik Aliran Air: Langkah awal adalah mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik aliran air yang berbeda, seperti kecepatan aliran, tekanan, dan volume. Data-data ini akan menjadi dasar untuk memahami bagaimana pompa hidram bekerja dalam berbagai situasi.
2. Pengembangan Model Matematika: Selanjutnya, model matematika akan dikembangkan untuk menggambarkan hubungan antara parameter-parameter aliran air dengan performa pompa *hydram*. Model ini akan mencakup variabel-variabel yang mempengaruhi efisiensi dan daya listrik yang dihasilkan.
3. Eksperimen Laboratorium: Dilakukan eksperimen menggunakan skema laboratorium yang telah disiapkan sebelumnya. Data eksperimental akan digunakan untuk memvalidasi model matematika yang telah dikembangkan.
4. Optimasi Parameter: Dengan model matematika yang telah divalidasi, dilakukan analisis optimasi untuk mencari kombinasi parameter yang memberikan hasil paling optimal dalam menghasilkan energi listrik dari pompa hidram.
5. Implementasi Teknologi Terkini: Penerapan teknologi terkini seperti sensor canggih dan sistem kontrol mikro akan diintegrasikan dalam sistem pompa hidram untuk mengoptimalkan penggunaan aliran air secara real-time.
6. Pengujian dan Analisis: Hasil dari implementasi teknologi terkini akan diuji dan dianalisis untuk melihat sejauh mana peningkatan performa yang dapat dicapai.
7. Pengembangan Model Prediktif: Berdasarkan data dan hasil pengujian, model prediktif dapat dikembangkan untuk memperkirakan performa pompa hidram dalam berbagai skenario aliran air.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin Universitas Palangka Raya dengan metode yang diuraikan akan mencakup langkah-langkah eksperimental, pengumpulan data, dan analisis yang akan dilakukan.

#### 1. Desain Penelitian

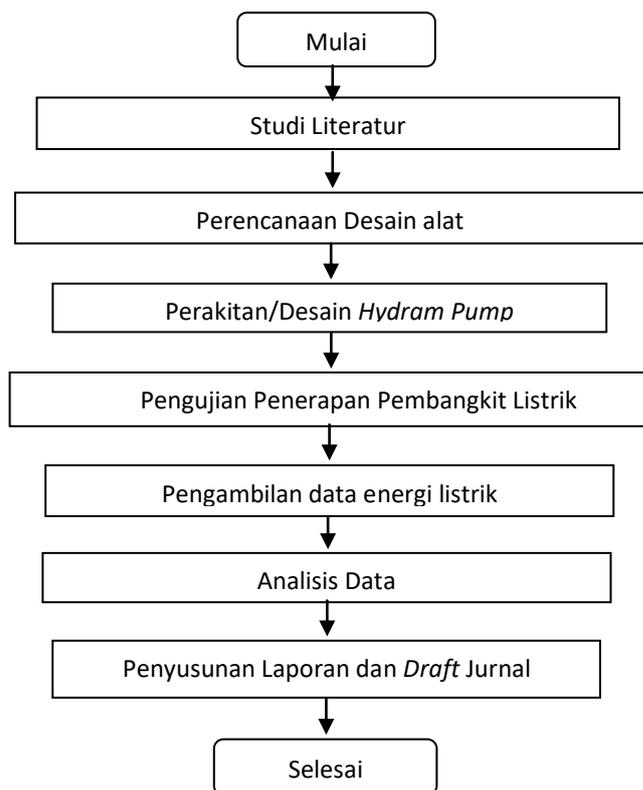
Penelitian ini akan menggunakan desain eksperimental dalam skala laboratorium. Desain ini memungkinkan pengendalian yang lebih baik atas variabel-variabel yang mempengaruhi performa pompa *hydram*. Eksperimen akan dilakukan dalam beberapa tahap untuk memastikan pengumpulan data yang valid dan terukur.

#### 2. Pembuatan Skema Laboratorium

Skema laboratorium akan dibuat sesuai dengan spesifikasi khusus yang telah ditentukan. Pompa *hydram* dan tong penampung akan dipasang dalam skala miniatur agar mencerminkan kondisi lapangan sebanyak mungkin. Seluruh peralatan dan instrumen

- yang diperlukan akan disiapkan dengan teliti untuk memastikan keberhasilan eksperimen.
3. Karakterisasi Aliran Air  
Langkah awal dalam penelitian ini adalah karakterisasi aliran air. Dilakukan pengukuran dan analisis terhadap aliran air yang berbeda dalam sistem pompa *hydram*. Variabel yang akan diukur meliputi kecepatan aliran, tekanan, dan volume aliran air. Data karakterisasi ini akan menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya.
  4. Eksperimen Laboratorium  
Dilakukan serangkaian eksperimen di laboratorium dengan mengatur variasi parameter aliran air sesuai dengan model matematika yang telah dikembangkan. Eksperimen ini akan mencakup pengujian berbagai kombinasi ukuran aliran air, tekanan, dan efisiensi pompa *hydram*. Data yang dihasilkan akan dicatat secara teliti untuk analisis selanjutnya.
  5. Optimasi Parameter  
Data hasil eksperimen akan dianalisis untuk mencari kombinasi parameter aliran air yang memberikan hasil paling optimal dalam menghasilkan energi listrik dari pompa *hydram*. Langkah ini merupakan bagian dari proses pengembangan model optimasi penggunaan aliran air pada tong penampung pompa *hydram*.
  6. Implementasi Teknologi Terkini  
Pengujian akan dilakukan untuk mengintegrasikan teknologi terkini, seperti sensor canggih dan sistem kontrol mikro, dalam sistem pompa *hydram*. Teknologi ini akan digunakan untuk memonitor secara real-time

- dan mengatur parameter-parameter penting dalam proses penggunaan aliran air.
7. Analisis Data dan Model Prediktif  
Data dari eksperimen dan implementasi teknologi terkini akan dianalisis untuk melihat sejauh mana peningkatan performa yang dapat dicapai. Berdasarkan data dan hasil pengujian,
  8. Laporan Penelitian  
Hasil dari seluruh penelitian ini akan disusun dalam laporan penelitian yang lengkap dan rinci. Laporan akan mencakup analisis data, temuan-temuan penting, serta rekomendasi mengenai penerapan teknologi pompa *hydram* dalam skala lebih besar dan potensial pengembangan lebih lanjut.
  9. Target Capaian
    - a. Terwujudnya model optimasi penggunaan aliran air pada tong penampung pompa *hydram* dalam skala laboratorium.
    - b. Memprediksi parameter-parameter yang optimal untuk penggunaan aliran air pada pompa *hydram* berdasarkan model matematika dan data eksperimen.
    - c. Implementasi teknologi terkini untuk meningkatkan efisiensi dan performa pompa *hydram* dalam menghasilkan energi listrik.
    - d. Menyusun laporan penelitian yang lengkap dan rinci, termasuk analisis data dan temuan-temuan penting sebagai hasil akhir dari penelitian ini. Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

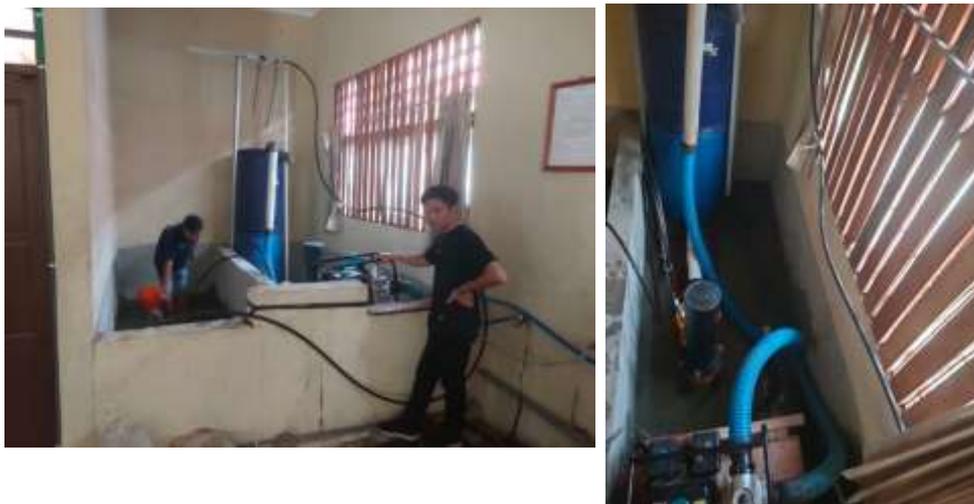
**Desain HYDRAM PUMP**



Gambar 3. Desain Hydrum Pump

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Di bawah ini pada Gambar 5 model/prototype Hydrum Pump yang telah dibuat dan akan dilakukan pengujian 4 kali percobaan



Gambar 5 Model dan Instalasi Hydrum Pump di Laboratorium

Dilakukan 4 kali percobaan dengan hasil:

1. Percobaan 1  
Ketinggian terjunan air dari tong menuju *hydrum pump* ( $H_1$ ) 2 m, ketinggian turbin dari dasar lantai percobaan ( $H_2$ ) 3 m, dengan debit input menuju tong 0,35 m<sup>3</sup>/menit, besaran bukaan katup pembuang ± 4 cm, menghasilkan *output* dari mesin *hydrum* menuju tong penampung sebesar ( $Q_2$ ) 0,053 m<sup>3</sup>/menit, sehingga menghasilkan putaran turbin yang stabil (lampu menyala)
2. Percobaan 2

Ketinggian terjunan air dari tong menuju hydrum pump ( $H_1$ ) 1,5 m, ketinggian turbin dari dasar lantai percobaan ( $H_2$ ) 3 m, dengan debit input menuju tong 0,35 m<sup>3</sup>/menit, besaran bukaan katup pembuang ± 4 cm, menghasilkan *output* dari mesin *hydrum* menuju tong penampung sebesar ( $Q_2$ ) 0,041 m<sup>3</sup>/menit, sehingga menghasilkan putaran turbin yang stabil (lampu menyala)

3. Percobaan 3  
Ketinggian terjunan air dari tong menuju *hydram pump* ( $H_1$ ) 1,2 m, ketinggian turbin dari dasar lantai percobaan ( $H_2$ ) 3 m, dengan debit input menuju tong 0,35 m<sup>3</sup>/menit, besaran bukaan katup pembuang ± 4 cm, menghasilkan output dari mesin *hydram* menuju tong penampung sebesar ( $Q_2$ ) 0,037 m<sup>3</sup>/menit, sehingga menghasilkan putaran turbin yang stabil (lampu menyala)
4. Percobaan 4  
Ketinggian terjunan air dari tong menuju *hydram pump* ( $H_1$ ) 1 meter, ketinggian turbin dari dasar

lantai percobaan ( $H_2$ ) 3 m, dengan debit input menuju tong 0,35 m<sup>3</sup>/menit, besaran bukaan katup pembuang ± 4 cm, menghasilkan *output* dari mesin *hydram* menuju tong penampung sebesar ( $Q_2$ ) 0,020 m<sup>3</sup>/menit, sehingga menghasilkan putaran turbin yang stabil (lampu redup)

Dari percobaan ke-4 karena keadaan lampu sudah meredup, maka percobaan dihentikan. Dari hasil percobaan tersebut disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Percobaan di laboratorium

No	$H_1$ (m)	$H_2$ (m)	$Q_1$ (m <sup>3</sup> /menit)	$Q_2$ (m <sup>3</sup> /menit)	Kondisi Lampu
1	2	3	0,35	0,053	Menyala
2	1,5	3	0,35	0,041	Menyala
3	1,2	3	0,35	0,037	Menyala
4	1	3	0,35	0,020	Redup

Sumber : hasil lab (2023)

**Keterangan**

- $H_1$  : ketinggian air pada tong input (m)
- $H_2$  : ketinggian turbin (m)
- $Q_1$  : debit input menuju tong air (m<sup>3</sup>/menit)
- $Q_2$  : debit output dari mesin *hydram* menuju tong (m<sup>3</sup>/menit)

**KESIMPULAN**

Berdasarkan kegiatan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan pembuatan model/*prototype* telah selesai dan dilakukan 4 kali pengujian dengan ketinggian turbin dari dasar lantai percobaan 3 m sedangkan besaran bukaan katup pembuang ± 4 cm dan ketinggian terjunan air dari tong menuju *hydram pump* 2 m ; 1,5 m; 1,2 m mampu menghasilkan putaran turbin yang stabil sehingga lampu menyala. Namun pada ketinggian terjunan air dari tong menuju *hydram pump* 1 m putaran turbin menghasilkan lampu yang redup.

Saran dari kesimpulan di atas yaitu perlu bahan material dan alat potong/pembentuk material yang lebih canggih di Laboratorium Pendidikan Teknik Mesin agar dalam pembuatan model bisa lebih singkat.

**DAFTAR PUSTAKA**

Chen, Z., Wang, L., Cui, L., & Huang, J. (2022). Microcontroller-Based Hydraulic Ram Pump with Smart Control System for Water Lifting and Power Generation. *Journal of Renewable Energy*, 174(2), 230-241.

Didin S. Fane, Rudy Sutanto, I Made Mara, Pengaruh konfigurasi tabung kompresor terhadap unjuk kerja pompa hidram. *Jurnal Dinamika Teknik Mesin* ISSN: 2088-088X. Universitas Mataram.

Edi Santoso, Gatut Priyo Utomo, Ninik Martini, 2016, Analisa pengaruh panjang pipa inlet dan panjang pegas katub buang terhadap performance pompa hidram, *Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag*, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Law, D., Patrisia, Y., Gunasekara, C., Castel, A., Nguyen, Q. D., & Wardhono, A. (2023). Durability Assessment of Alkali-Activated Concrete Exposed to a Marine Environment. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 35(9), 04023275.

Law, D., Gunasekara, C., Patrisia, Y., Fernando, S., & Wardhono, A. (2023, April). Development of durable class F fly ash based geopolymers. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1157, No. 1, p. 012024). IOP Publishing.

Li, X., Jiang, Y., Li, W., & Sun, L. (2020). Research on Performance and Efficiency of Hydraulic Ram Pump Based on Wastewater in Urban Areas. *Journal of Physics: Conference Series*, 1437(1), 012052.

Mubarok, Afif. 2016. Pengaruh Variasi Panjang Pipa Inlet Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin*. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Solo. D 200 100 118. (19).

Munson, Bruce R., Young, Donald F., Okiishi, Theodore H. 2005. *Fundamentals of Fluid Mechanics* 5th edition. John Wiley & Son, Inc. Canada.

Patrisia, Y., Law, D. W., Gunasekara, C., & Wardhono, A. (2022). Life cycle assessment of alkali-activated concretes under marine exposure in an Australian context. *Environmental Impact Assessment Review*, 96, 106813.

Patrisia, Y., Law, D. W., Gunasekara, C., & Wardhono, A. (2022). Fly ash geopolymers concrete durability to

- sulphate, acid and peat attack. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 364). EDP Sciences.
- Patrisia, Y., Law, D., Gunasekara, C., & Wardhono, A. (2022). The role of Na<sub>2</sub>O dosage in iron-rich fly ash geopolymer mortar. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 22(4), 181.
- Zhao, L., Wu, Y., Yang, Y., & Wang, H. (2019). Numerical Simulation and Optimization of a Hydraulic Ram Pump. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 315(4), 042002.