

DESAIN PERANCANGAN POMPA AIR TANPA MOTOR BERJENIS *HIDRAULIC RAM* DENGAN MENGGUNAKAN METODE FRENCH DI DESA CIHAWUK

Nanda Surya Maulana Pratama¹, Dewi Mulyasari Sumarta², Jeferson Siahaan³

Departemen Teknik Industri^{1,2,3}

Universitas Teknologi Bandung¹, Realta Teknik^{1,2,3}

nandasuryamp21@gmail.com¹, ai_sumarta@yahoo.com², jeferson@utb-univ.ac.id³

Abstrak

Desa Cihawuk terletak di Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung, dan berada di perbatasan Kabupaten Bandung dan Kabupaten Garut. Secara geografis, desa ini terletak di dataran tinggi, sehingga mayoritas penduduknya berprofesi sebagai petani. Sektor pertanian di Desa Cihawuk cukup beragam, meliputi budidaya kentang, tembakau, dan kebun teh. Pengairan untuk kegiatan pertanian dan kebutuhan sehari-hari masyarakat bergantung pada sumber mata air yang sama, yang memiliki keterbatasan dan sering mengalami penurunan volume, terutama pada musim kemarau. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Pompa Air Tanpa Motor (PATM) atau *Hydraulic Ram Pump* (Pompa Hydram) guna meningkatkan ketersediaan air bersih di Desa Cihawuk. Pompa ini dirancang untuk memanfaatkan sumber mata air tambahan di lembah Dusun Ciakar, yang dikenal sebagai mata air Ciendog. Namun, akses jalan yang sulit menuju sumber mata air ini mendorong peneliti untuk merancang pompa yang dapat beroperasi tanpa memerlukan energi listrik atau bahan bakar. Berdasarkan hasil menggunakan metode perancangan French, peneliti berhasil menghasilkan desain pompa yang efisien dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Pompa ini dirancang dengan mempertimbangkan volume debit air sebesar 1,8 liter/detik, tinggi jatuh 7 meter, dan panjang pipa keluar 232 meter dengan tinggi elevasi dari sumber mata air Ciendog ke titik bak penampungan mencapai 78 meter secara vertikal. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pompa ini mampu menghasilkan debit air keluar sebesar 0,0001128 m³/s atau sekitar 9.745 liter/hari, sehingga dapat mengurangi kekurangan air sebesar 36,21% dari total kebutuhan air di Desa Cihawuk. Efisiensi pompa mencapai 59% dengan tinggi angkat air sebesar 78 meter. Pompa ini dirancang menggunakan bahan yang mudah didapat dan tahan lama. Penelitian ini memberikan solusi yang hemat biaya dan ramah lingkungan bagi masyarakat Desa Cihawuk, serta dapat dioperasikan secara kontinyu tanpa memerlukan energi eksternal. Rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut meliputi uji coba lapangan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang penggunaan dan perawatan pompa hidram. Dengan demikian, diharapkan pompa ini dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk mengatasi masalah kekurangan air di Desa Cihawuk.

Kata kunci : Metode perancangan French, *Hydraulic Ram Pump*, debit air, tanpa energi listrik, air bersih.

Abstract

Cihawuk Village is located in Kertasari District, Bandung Regency, and is on the border of Bandung Regency and Garut Regency. Geographically, this village is located in the highlands, so the majority of the population works as farmers. The agricultural sector in Cihawuk Village is quite diverse, including potato cultivation, tobacco, and tea plantations. Irrigation for agricultural activities and people's daily needs depends on the same source of springs, which have limitations and often experience a decrease in volume, especially in the dry season. This research aims to design a Water Pump Without Motor (PATM) or *Hydraulic Ram Pump* (Hydraulic Pump) to increase the availability of clean water in Cihawuk Village. The pump is designed to utilize an additional source of spring water in the Ciakar hamlet valley, known as the Ciendog spring. However, difficult road access to this spring water source prompted researchers to design pumps that could operate without the need for electrical energy or fuel. Based on the results using the French design method, the researcher succeeded in producing a pump design that is efficient and in accordance with the needs of the community. This pump is designed by considering a water discharge volume of 1.8 liters/second, a fall height of 7 meters, and an outlet pipe length of 232 meters with an elevation height from the Ciendog spring source to the point of the reservoir reaching 78 meters vertically. The results of the calculation show that this pump is able to produce an outflow of 0.0001128 m³/s or around 9,745 liters/day, so that it can reduce water shortage by 36.21% of the total water demand in Cihawuk Village. The pump efficiency reaches 59% with a water lift height of 78 meters. This pump is designed using yang mudah didapat dan tahan lama. Penelitian ini memberikan solusi yang hemat biaya dan ramah lingkungan bagi masyarakat Desa Cihawuk, serta dapat dioperasikan secara kontinyu tanpa memerlukan energi eksternal. Rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut meliputi uji coba lapangan dan sosialisasi kepada masyarakat tentang penggunaan dan perawatan pompa hidram. Dengan demikian, diharapkan pompa ini dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk mengatasi masalah kekurangan air di Desa Cihawuk.

Keywords : French design method, *Hydraulic Ram Pump*, Water discharge, without electrical energy, clean water.

I. PENDAHULUAN

Desa Cihawuk merupakan salah satu desa yang terletak di kecamatan Kertasari kabupaten Bandung. Desa Cihawuk berada di perbatasan kabupaten Bandung dan kabupaten Garut yang secara letak geografis berada di dataran tinggi. Kondisi tersebut membuat mayoritas masyarakat di desa Cihawuk memiliki profesi sebagai petani. Terdapat berbagai macam sektor pertanian di desa Cihawuk tersebut, seperti tani kentang, tani tembakau, dan kebun teh. Pada proses pengairan para petani menggunakan sumber air yang diperoleh berasal dari pegunungan sekitar, yang dialirkan ke perkebunan dan pemukiman. Hal itu menyebabkan tidak meratanya pengaliran air dan sering terjadinya perselisihan pendapat antara masyarakat satu dengan lainnya, dengan banyaknya perselisihan antar warga mengenai sumber air yang terbatas ini tak jarang membuat pemerintah setempat beberapa kali melakukan mediasi dan memberikan solusi terkait pengaliran air

tersebut, namun tetap saja tidak maksimal. Air yang merupakan sumber daya primer bagi manusia dan kebutuhan yang vital bagi sumber daya alam lainnya harus tetap di jaga ketersediannya untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari serta kebutuhan pertanian. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis terdorong untuk melakukan penelitian dengan tujuan menemukan solusi yang paling tepat dalam menjaga ketersediaan sumber daya serta menciptakan ketenteraman di Desa Cihawuk.



Gambar 1. Warga Desa Cihawuk

Gambar 1 menunjukkan warga Desa Cihawuk yang sedang berkumpul dan bergotong royong guna menyelesaikan masalah – masalah yang sedang timbul di Desa tersebut terutama masalah air bersih. Warga Desa Cihawuk sangat antusias dalam penyelesaian masalah ini, dikarenakan sumber air bersih yang sangat minim. Sementara berdasarkan Tabel I, Kapasitas ketersediaan air bersih di Desa Cihawuk yaitu sebanyak 86.400 liter setiap harinya. Data ini diukur dari percobaan dengan menggunakan ember kapasitas 1 liter yang didekatkan pada saluran air keluar. Pada saat pengambilan data penulis didampingi dengan perangkat Desa setempat. Hal tersebut membuat data semakin lengkap, karena wawancara dapat dilakukan.

TABEL I
KAPASITAS KETERSEDIAAN AIR BERSIH DI DESA CIHAWUK

No	Debit air	Ketersediaan Air	Satuan
1	1 L/s×86.400 detik/hari	86.400	Liter/hari

Sementara itu, pemakaian air untuk perkebunan seluas 9,31 hektar atau 90.310 meter persegi dengan mayoritas tanaman kentang, yang dalam siklusnya memerlukan air sekitar 5,7 hingga 6,5 mm per hari atau setara dengan 5.700 hingga 6.500 liter per hektar per hari, yaitu total sebesar 60.515 liter per hari [1]. Hasil perhitungan rata-rata kebutuhan air warga Desa Cihawuk per hari yaitu sebanyak 120 liter, dengan jumlah penduduk 440 orang, maka jika dikalikan akan didapatkan sebesar 52.800 liter, maka data pada Tabel II menunjukkan kebutuhan kapasitas air bersih di Desa Cihawuk, jika ditotalkan yaitu 113.000 liter perharinya.

TABEL II
KEBUTUHAN KAPASITAS AIR BERSIH DI DESA CIHAWUK

No	Pengunaan	Pemakaian air rata-rata	Satuan
1	Kebutuhan Perkebunan 9,31 hektar	60.515	Liter/hari
2	Kebuthan Rumah Tinggal 150 KK 440 Jiwa	52.800	Liter/hari
Total kapasitas pemakaian air bersih		113.315	Liter/hari

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa terjadi kekurangan ketersediaan debit mata air dibandingkan dengan kebutuhan pemakaian. Ketika hal ini terjadi, warga Desa Cihawuk biasanya memanfaatkan sumber mata air tambahan dari Ciendog yang terletak di sekitar lembahan Desa Cihawuk dengan akses jalur yang cukup terjal. Dari sumber mata air ini, warga menggunakan pompa berjenis submersible untuk memompa air sungai yang berada di lembahan hingga ke desa, kemudian disalurkan ke rumah-rumah warga. Namun, permasalahan tidak berhenti di situ, karena penggunaan pompa submersible bergantung pada energi listrik yang cukup tinggi, sehingga menjadi pertimbangan penting.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai pompa hydram telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti dengan fokus pada peningkatan efisiensi, optimasi komponen, serta pemanfaatan teknologi sederhana untuk penyediaan air bersih di wilayah yang belum terjangkau listrik. Dalam penelitian ini, penulis merujuk pada sejumlah karya ilmiah terdahulu yang relevan sebagai landasan teoritis dan empiris. Mulia, Wahab, dan Hartono (2019) membahas analisa perencanaan pompa hydram yang memberikan dasar perhitungan teknis dalam desain pompa hydram di lingkungan akademik. Selanjutnya, Muhammad Nurfauzan (2019) mengkaji uji kinerja pompa hydram dengan konfigurasi dua klep buang dan satu klep hisap untuk menentukan susunan klep yang paling optimal terhadap efisiensi pompa. Sutrisno (2020) meneliti pengaruh variasi diameter pipa terhadap efisiensi pompa hidram dan menunjukkan adanya hubungan langsung antara ukuran pipa dan performa pompa. Yuliana dan Prasetyo (2021) melalui studi eksperimental mengkaji variasi tinggi jatuhnya air dan menemukan pengaruh *head input* terhadap debit *output* serta efisiensi sistem. Penelitian Hidayat dan Suryadi (2022) mengembangkan pompa hydram mini untuk kebutuhan rumah tangga sebagai alternatif teknologi sederhana penyediaan air skala kecil. Firmansyah (2024) mengkaji optimalisasi pompa hydram dengan rangkaian seri-paralel multivariable untuk meningkatkan debit dan *head* maksimum sehingga lebih sesuai untuk kebutuhan air skala besar. Ade Irvan Tauvana dkk. (2025) merancang pompa hydram sebagai solusi penyediaan air bersih yang berbiaya rendah dan ramah lingkungan di daerah dengan keterbatasan energi listrik. Selain itu, beberapa penelitian terkait metode perancangan juga dijadikan rujukan, antara lain Herisiswanto dkk. (2024) mengenai perancangan mesin pencacah limbah medis padat menggunakan Metode French, Zuanda Maulana Nasution dkk. (2022) yang membandingkan Metode French dengan Pahl & Beitz serta VDI, serta Dewi Mulyasari Sumarta dkk. (2023) yang menerapkan Metode French pada perancangan mesin pengupas ceri kopi. Rujukan-rujukan tersebut memperkuat dasar metodologis dan teknis dalam penelitian ini, baik dari sisi kinerja pompa hydram maupun pendekatan perancangan sistematis yang digunakan.

2. *State of The Art*

Penelitian mengenai pompa hydram telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, dengan fokus utama pada peningkatan efisiensi, optimasi komponen, serta penerapan teknologi sederhana untuk penyediaan air bersih di daerah yang memiliki keterbatasan energi listrik. Mulia, Wahab, dan Hartono (2019) melakukan analisa perencanaan pompa hidraulik ram yang memberikan dasar perhitungan teknis dalam desain pompa hydram, sementara Nurfauzan (2019) menguji kinerja pompa hydram dengan variasi jumlah klep buang dan klep hisap untuk menentukan konfigurasi yang paling optimal. Penelitian lain oleh Sutrisno (2020) menyoroti pengaruh variasi diameter pipa terhadap efisiensi pompa, sedangkan Yuliana dan Prasetyo (2021) menekankan pengaruh tinggi jatuhnya air terhadap debit *output* dan efisiensi sistem. Hidayat dan Suryadi (2022) mengembangkan pompa hydram mini untuk kebutuhan rumah tangga, dan Firmansyah serta Danies Fajar (2024) mengoptimalkan rangkaian seri-paralel untuk meningkatkan debit dan head maksimum. Terakhir, Tauvana dkk. (2025) merancang pompa hydram berbahan pipa PVC sebagai solusi air bersih berbiaya rendah di daerah tanpa listrik. Di sisi lain, Metode French sebagai salah satu pendekatan sistematis dalam perancangan teknik juga telah banyak diterapkan dalam penelitian. Herisiswanto dkk. (2024) menggunakan Metode French dalam perancangan mesin pencacah limbah medis padat, Dewi Mulyasari Sumarta dkk. (2023) menerapkannya pada mesin pengupas ceri kopi, dan Nasution dkk. (2022) membandingkan Metode French dengan metode Pahl & Beitz serta VDI untuk menilai kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa pompa hidram efektif sebagai teknologi tepat guna untuk penyediaan air bersih, sementara Metode French relevan sebagai kerangka desain sistematis. Namun, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan keduanya secara langsung. Oleh karena itu, penelitian berjudul “Desain Perancangan Pompa Air Tanpa Motor Berjenis Hydraulic Ram dengan Menggunakan Metode French di Desa Cihawuk” menghadirkan kebaruan dengan menggabungkan teknologi tepat guna pompa hydram dan metodologi perancangan sistematis Metode French, sehingga menghasilkan rancangan yang lebih efisien, terstruktur, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat pedesaan.

3. Pompa Tanpa Motor

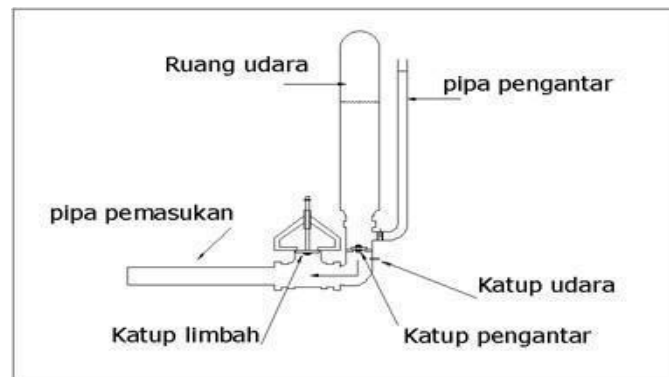
Pompa hydram sering disebut juga dengan nama pompa tanpa motor. Pompa Hydram adalah pompa air yang bekerja dengan memanfaatkan energi potensial aliran air dari ketinggian tertentu untuk memompa sebagian air ke tempat yang lebih tinggi tanpa menggunakan motor listrik maupun bahan bakar [2]. Prinsip ini dikenal sebagai *water hammer effect* atau efek palu air, di mana tekanan hidrolik yang tercipta dari aliran air digunakan untuk mendorong air ke pipa keluaran. Prinsip Kerja Air dari sumber dengan beda ketinggian atau *head* masuk ke pompa. Katup pompa menutup secara tiba-tiba, menciptakan tekanan hidrolik. Tekanan ini mendorong sebagian air ke pipa keluaran menuju lokasi yang lebih tinggi. Proses berlangsung terus-menerus selama ada aliran air. Sementara segala sesuatu produk pasti ada kelebihan dan kekurangannya. Kelebihan dari pompa hydram ini adalah dia tidak membutuhkan listrik atau bahan bakar, biaya operasional sangat rendah, ramah lingkungan dan dapat bekerja 24 jam tanpa henti dan Perawatannya yang sederhana. Kekurangannya Adalah Membutuhkan sumber air dengan beda ketinggian tertentu dan debit air yang dipompa hanya sebagian kecil dari debit masuk, umumnya hanya 10 sampai dengan 20% saja.

4. Karakteristik Pompa Hydram

Pompa Hydram memiliki karakteristik utama berupa kebutuhan beda ketinggian (*head*) agar efek palu air dapat terjadi, dengan debit air yang dipompa hanya sebagian kecil dari debit masuk, namun mampu beroperasi terusmenerus tanpa energi listrik maupun bahan bakar [3]. Pompa Hydram memiliki dua komponen utama yang sangat menentukan kinerjanya, yaitu katup buang (*waste valve*) dan katup tekan (*delivery valve*) [4]. Katup buang berfungsi membuang sebagian besar air ke luar sistem dan bekerja dengan cara membuka serta menutup secara cepat. Penutupan mendadak katup buang inilah yang menimbulkan tekanan hidrolik atau efek palu air (*water hammer effect*), sehingga energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mendorong air ke pipa keluaran. Sementara itu, katup tekan berfungsi menyalurkan air bertekanan ke pipa keluaran menuju lokasi yang lebih tinggi. Katup ini hanya terbuka ketika tekanan hidrolik tercipta akibat penutupan katup buang, sehingga kualitas dan kerapatan katup tekan sangat berpengaruh terhadap volume air yang berhasil dipompa. Dengan demikian, efisiensi kerja pompa Hydram sangat dipengaruhi oleh karakteristik kedua katup tersebut, karena keduanya menentukan ritme serta jumlah air yang dapat dipindahkan secara berkelanjutan.

5. Komponen Pompa Hydram

Pompa Hydram terdiri atas beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis untuk menghasilkan tekanan hidrolik sehingga air dapat dipompa ke tempat yang lebih tinggi tanpa menggunakan energi listrik maupun bahan bakar. Komponen tersebut meliputi katup buang (*waste valve*) yang berfungsi membuang sebagian air dan menutup secara tiba-tiba untuk menciptakan tekanan hidrolik, serta katup tekan (*delivery valve*) yang menyalurkan air bertekanan ke pipa keluaran. Selain itu, terdapat pipa masuk (*inlet pipe*) yang mengalirkan air dari sumber dengan beda ketinggian tertentu, tabung udara (*air chamber*) yang berperan menstabilkan tekanan hidrolik agar aliran air lebih konstan, dan pipa keluaran (*delivery pipe*) yang menyalurkan air ke lokasi tujuan. Kombinasi dari komponen-komponen tersebut menjadikan pompa Hydram mampu beroperasi secara berkelanjutan selama terdapat aliran air, sehingga sangat sesuai digunakan di daerah pedesaan dengan keterbatasan akses energi [5].



Gambar 2. Instalasi Pompa Hydram

- Pipa pemasukan (*intake pipe*) berfungsi untuk mengalirkan air dari sumber menuju ke pompa hydram bagian ini harus dirancang sedemikian rupa untuk memungkinkan aliran air yang stabil dan memiliki energi kinetik yang cukup untuk menciptakan efek *water hammer* saat katup limbah menutup.
- Katup limbah (*waste valve*), merupakan salah satu bagian penting dari hidraulik ram, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet katup cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan efek palu air (*water hammer effect*). Katup limbah yang ringan dan gerakannya pendek akan memberikan pukulan atau denyutan yang lebih cepat dan menyebabkan hasil pemompaan lebih besar pada tinggi pemompaan rendah. Penelitian mengenai bentuk dari katup limbah masih kurang, tetapi pada saat ini jenis katup kerdam sederhana kelihatannya bekerja cukup baik. Beberapa model hidraulik ram komersil telah menggunakan jenis katup kerdam yang dilengkapi dengan per tetapi belum diketahui apakah hal tersebut meningkatkan efisiensi ram, yang jelas jenis ini menghindari pemakaian "*sliding bearing*" yang harus diganti bila aus.
- Katup Pengantar (*Delivery Valve*) Katup pengantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Katup ini dapat dibuat dengan bentuk yang sederhana yang dinamakan katup searah (*non return*). Katup ini dibuat dari karet kaku dan bekerja seperti pada katup kerdam.
- Ruang Udara (*Air Chamber*) Ruang udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan tekanan (*pressure pulse*) dari siklus ram, memungkinkan aliran air secara tetap melalui pipa pengantar dan kehilangan tenaga karena gesekan diperkecil. Jika ruang udara penuh air, ram akan bergetar keras dan dapat mengakibatkan ruang udara pecah. Jika hal ini terjadi ram harus

dihentikan dengan segera. Beberapa ahli menyarankan bahwa volume ruang udara harus sama dengan volume air dalam pipa pengantar. Pada pipa pengantar yang panjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancang ruang udara dengan ukuran yang kecil.

- e. Katup Udara (*Air Valve*) Udara yang tersimpan dalam ruang udara dihisap perlahan-lahan oleh turbulensi air yang masuk melalui katup pengantar dan hilang ke dalam pipa pengantar. Udara ini harus diganti harus diganti dengan udara baru melalui katup udara. Katup udara harus disesuaikan sehingga mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap terjadinya denyutan kompresi. Jika katup udara terbuka terlalu besar, maka ruang udara terisi dengan udara dan ram akan memompa udara. Jika katup kurang terbuka sehingga tidak memungkinkan masuknya udara yang cukup banyak maka ram akan bergetar. Keadaan ini harus diperbaiki dengan memperhatikan besar lubang udara.
- f. Pipa Pengantar (*Delivery Pipe*) Hidraulik ram dapat memompa air pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan menggunakan pipa pengantar yang panjang akan menyebabkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa pengantar dapat dibuat dari bahan apapun, termasuk.

6. Water Hammer

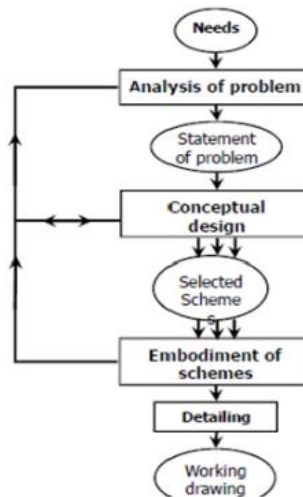
Water hammer, atau "pukulan air," adalah kondisi di mana tekanan berlebih menyebar melalui sistem perpipaan akibat terhentinya aliran secara tiba-tiba. Ketika aliran air terhenti, momentum air yang bergerak dapat menyebabkan pembalikan arah aliran dan lonjakan tekanan yang sangat tinggi efek dari *water hammer* ini memungkinkan pompa hidram untuk mengubah energi kinetik air menjadi tekanan dinamik yang lebih tinggi. Proses ini meningkatkan efisiensi pemompaan, memungkinkan sebagian air untuk dipindahkan ke ketinggian yang lebih tinggi tanpa memerlukan sumber energi eksternal seperti listrik atau bahan bakar [6].

7. Perancangan Desain Produk

Perancangan atau merancang merupakan suatu usaha untuk menyusun, mendapatkan, dan menciptakan hal-hal baru yang bermanfaat bagi kehidupan manusia. Dalam hal ini, merancang suatu produk yang benar-benar baru atau mengembangkan suatu produk yang sudah ada, sehingga mendapatkan peningkatan kinerja dari produk tersebut Konsep ini digunakan oleh sebagian besar produsen untuk menghasilkan berbagai varian produk mereka. Perancangan desain produk merupakan suatu proses sistematis yang dimulai dari identifikasi kebutuhan pengguna, analisis fungsi, pengembangan konsep, hingga tahap evaluasi dan penyempurnaan. Tujuan utama dari perancangan adalah menghasilkan produk yang tidak hanya memenuhi aspek fungsional, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi, estetika, dan keberlanjutan. [7]. Perancangan produk merupakan suatu proses sistematis yang bertujuan untuk menghasilkan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna sekaligus mempertimbangkan aspek fungsional, estetika, efisiensi, dan keberlanjutan. Perancangan produk tidak hanya berfokus pada bentuk fisik, tetapi juga pada bagaimana produk tersebut mampu memberikan nilai tambah bagi penggunaannya. Proses ini biasanya dimulai dari identifikasi kebutuhan, analisis masalah, pengembangan konsep, hingga tahap pendetailan dan pembuatan gambar kerja. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan bahwa produk yang dihasilkan benar-benar relevan dengan kondisi lapangan dan dapat diimplementasikan secara efektif. Dalam konteks teknologi tepat guna, perancangan produk juga harus memperhatikan keterbatasan sumber daya, biaya produksi, serta kemudahan perawatan agar dapat digunakan secara berkelanjutan oleh masyarakat. Dengan demikian, perancangan produk bukan sekadar aktivitas teknis, melainkan sebuah pendekatan holistik yang menghubungkan kebutuhan manusia dengan solusi inovatif yang praktis dan efisien.

8. Metode Perancangan French

Pada perancangan kali ini metode yang digunakan adalah metode *French*, di mana metode ini mengatakan perancangan dimulai dari kebutuhan sampai dengan gambar kerja. Diagram alir model cara merancang deskriptif dengan menggunakan metode *French* dicantumkan dalam Gambar II. Pada diagram alir tersebut, lingkaran menunjukkan hasil kegiatan yang mendahuluinya, sedangkan segi empat menyatakan kegiatan – kegiatan yang berlangsung [8]. Metode *French* merupakan salah satu teknik perancangan yang menekankan pada pemahaman mendalam terhadap kebutuhan pengguna sebelum memulai proses desain. Metode ini sering digunakan dalam pengembangan produk teknik dan mekanik, termasuk mesin dan alat. Prosesnya meliputi beberapa langkah kunci yang membantu tim perancang untuk fokus pada aspek-aspek penting dari produk yang akan dikembangkan perancangan sebuah alat merupakan kegiatan menciptakan konsep desain hingga tahapan pembuatan rakitan yang sesuai dengan kebutuhan pengguna selain itu metode French juga mampu menyediakan pilihan variasi desain yang lebih efisien pada perancangan produk yang memiliki Batasan terhadap setiap variasinya. Gambar II menunjukkan diagram alir beserta tahapan perancangan dengan metode French.



Gambar 3. Metode French

Dalam perjalanannya ketika gambar kerja dihasilkan, maka akan melalui berapa tahapan, yaitu Mendefinisikan Masalah, Perancangan Konsep, Pemberian Bentuk Pada Sketsa, Pendetailan dan terakhir Adalah pembuatan gambar kerja.

9. Solidworks

SolidWorks merupakan perangkat lunak CAD 3D yang banyak digunakan dalam bidang teknik untuk mendukung proses perancangan produk. *Software* ini memiliki kemampuan pemodelan parametrik, analisis elemen hingga, serta visualisasi 3D yang memungkinkan desainer maupun insinyur melakukan simulasi dan evaluasi desain secara lebih akurat. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan SolidWorks dapat mengoptimalkan desain komponen otomotif melalui analisis kekuatan material terhadap beban tertentu [9]. Selain itu, pelatihan penggunaan SolidWorks di industri furnitur terbukti meningkatkan efisiensi proses desain dan daya saing industri kecil menengah [10]. Dalam konteks pendidikan, penerapan modul pembelajaran SolidWorks juga terbukti meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam membuat model 3D berbasis CAD [11]. Dengan demikian, SolidWorks tidak hanya relevan untuk dunia industri, tetapi juga efektif sebagai media pembelajaran di bidang teknik.

10. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dalam TABEL IV menggambarkan hubungan antara variabel *input*, proses, dan *output* yang membentuk alur berpikir sistematis dalam perancangan pompa air tanpa motor berjenis *hydraulic ram* menggunakan Metode *French* di Desa Cihawuk. Variabel *input* terdiri dari kondisi geografis Desa, kebutuhan masyarakat terhadap air bersih, serta pengukuran debit air. Data ini menjadi dasar dalam merumuskan spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Selanjutnya, variabel proses merujuk pada tahapan Metode French yang digunakan sebagai pendekatan sistematis dalam perancangan teknik. Proses ini memastikan bahwa rancangan yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi dan keberlanjutan. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil rancangan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang dapat diterapkan secara langsung di lapangan.

TABEL III
KERANGKA KONSEPTUAL PENELITIAN

Jenis Variabel	Deskripsi	Indikator/Aspek
Input	Kondisi awal yang memengaruhi desain pompa hydram	1. Kebutuhan masyarakat terhadap air bersih 2. Pengukuran debit air 3. Kondisi geografis Desa Cihawuk 4. Peningkatan debit air 5. Efisiensi pompa
Proses	Tahapan perancangan menggunakan Metode French	1. Analisis Masalah 2. Identifikasi kebutuhan 3. Perancangan konsep
Output	Hasil akhir dari penelitian	Desain pompa air tanpa motor yang terpilih

Kerangka konseptual dalam Tabel III menggambarkan hubungan antara variabel *input*, proses, dan *output* yang membentuk alur berpikir sistematis dalam perancangan pompa air tanpa motor berjenis *hydraulic ram* menggunakan Metode *French* di Desa Cihawuk. Variabel input terdiri dari kondisi geografis Desa, kebutuhan masyarakat terhadap air bersih, serta pengukuran debit air. Data ini menjadi dasar dalam merumuskan spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan lokal. Selanjutnya, variabel proses merujuk pada tahapan Metode *French* yang digunakan sebagai pendekatan sistematis dalam perancangan teknik. Proses ini memastikan bahwa rancangan yang dihasilkan tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga mempertimbangkan efisiensi dan keberlanjutan. Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil rancangan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang dapat diterapkan secara langsung di lapangan.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Kebutuhan Masyarakat Terhadap Air Bersih

Berdasarkan hasil wawancara dengan beberapa warga Desa Cihawuk, mayoritas masyarakat menyampaikan keluhan terkait spesifikasi pompa air yang mereka gunakan saat ini. Warga menuturkan bahwa pompa yang ada sering kali tidak mampu memenuhi kebutuhan air harian, terutama ketika debit air menurun. Selain itu, banyak yang mengeluhkan konsumsi energi listrik pompa cukup tinggi sehingga menambah beban biaya rumah tangga. Beberapa warga juga menyoroti bahwa pompa yang digunakan mudah mengalami kerusakan, sehingga memerlukan perawatan dan biaya tambahan yang cukup besar. Kondisi ini membuat masyarakat merasa kurang puas dengan kinerja pompa yang ada, karena tidak sebanding dengan kebutuhan dan biaya yang harus mereka keluarkan. Mereka berharap adanya solusi berupa pompa dengan spesifikasi yang lebih sesuai, efisien, dan tahan lama. Harapan tersebut muncul karena air merupakan kebutuhan utama, dan keberadaan pompa yang andal akan sangat membantu meningkatkan kualitas hidup masyarakat di Desa Cihawuk.

TABEL IV
HASIL KUISIONER DAN KEINGINAN WARGA DESA CIHAWUK

No.	Kebutuhan dan Keinginan Responden	Jumlah Respon
1.	Pompa air yang tidak memerlukan operasi khusus	3
2.	Perawatan pompa air yang mudah	3
3.	Pompa air yang tidak memerlukan bahan bakar konvensional atau bahan bakar listrik	3
4.	Pompa air yang dapat menghasilkan debit air yang tinggi	3

Berdasarkan Tabel IV, ada empat poin yang menjadi dasar dan keinginan dari warga Desa Cihawuk, pompa air tidak memerlukan operasi yang khusus, perawatan pompa air mudah, pompa air tidak memerlukan bahan bakar listrik dan pompa air harus menghasilkan debit air yang tinggi. Berdasarkan kuisisioner tersebutlah menjadi batasan penulis untuk mengolah data, agar tercipta pompa yang diinginkan warga.

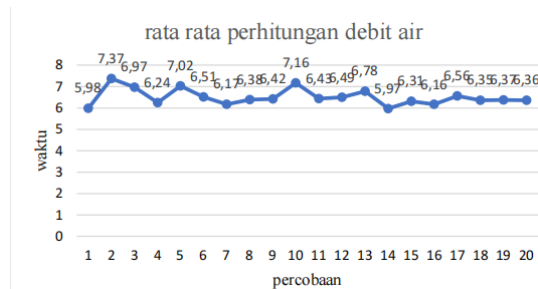
2. Pengukuran Debit Air

Pengukuran debit air dilakukan dengan cara sederhana, yaitu menggunakan ember sebagai wadah penampung air dan *stopwatch* untuk mengetahui berapa lama ember tersebut terisi penuh. Metode ini dipilih karena praktis dan mudah diterapkan di lapangan tanpa memerlukan alat ukur yang kompleks. Ember yang digunakan memiliki spesifikasi dengan diameter 28 cm dan tinggi 20 cm, sehingga dapat menampung volume air tertentu yang kemudian menjadi dasar perhitungan debit. Proses pengukuran dilakukan dengan menempatkan ember di bawah aliran air, lalu menghitung waktu yang dibutuhkan hingga ember terisi penuh. Dari hasil pengukuran waktu tersebut, volume ember dapat dibandingkan dengan durasi pengisian untuk memperoleh nilai debit air secara lebih akurat. Cara ini memungkinkan masyarakat maupun peneliti untuk mengetahui kapasitas aliran air yang tersedia, sekaligus menjadi acuan dalam menentukan kebutuhan pompa atau sistem distribusi air. Dengan demikian, pengukuran debit menggunakan ember dan *stopwatch* menjadi metode sederhana namun efektif untuk mendapatkan data awal mengenai ketersediaan air di suatu lokasi.

$$\begin{aligned}
 V &= \pi r^2 \cdot t \\
 &= 3.14 \cdot 14^2 \cdot 20 \\
 &= 12108,8 \text{ cm}^3 \\
 &= 12 \text{ liter} = 0.012 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pengukuran debit air dilakukan dengan metode sederhana menggunakan ember sebagai wadah penampung dan *stopwatch* untuk mencatat waktu pengisian. Ember diletakkan di bawah aliran air hingga terisi penuh, kemudian waktu yang dibutuhkan dicatat. Spesifikasi ember yang digunakan memiliki diameter 28 cm dan tinggi 20 cm, sehingga volume ember dapat dihitung dengan rumus volume silinder $V = \pi r^2 h$. Dengan jari-jari ember sebesar 14 cm dan tinggi 20 cm, maka volume ember adalah sekitar 12.312 cm³ atau 12,3 liter. Selanjutnya, debit

air dihitung dengan persamaan $Q = \frac{V}{t}$, di mana Q adalah debit (liter/detik), V adalah volume ember (liter), dan t adalah waktu pengisian (detik). Melalui cara ini, diperoleh data debit air yang cukup akurat meskipun menggunakan alat ukur sederhana. Metode pengukuran ini efektif digunakan di lapangan karena mudah dilakukan oleh masyarakat maupun peneliti tanpa memerlukan instrumen yang kompleks. Maka, didapatkanlah grafik perhitungan rata rata debit air yang tertera dalam Gambar 4, Dimana sumbu x menunjukkan banyaknya percobaan dan sumbu y menunjukkan waktu.



Gambar 4. Grafik Perhitungan Rata Rata Debit Air

Dari grafik pada Gambar 4 di atas, maka didapatkanlah hasil percobaan sebanyak 20 kali, setelah itu dihitunglah waktu rata-rata ember yang terisi, yaitu :

$$t \text{ rata-rata} = \frac{\sum 130}{20} = 6,5 \text{ dt}$$

$$\text{Sehingga debit input yang diperoleh adalah } Q_1 = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} = \frac{12}{6,5} = 1,8 \text{ liter/detik}$$

Dari hasil observasi dan wawancara yang dilakukan, peneliti memperoleh data bahwa masyarakat Desa Cihawuk memanfaatkan sumber mata air tambahan pada saat musim kemarau. Sumber mata air ini digunakan sebagai alternatif karena debit air dari saluran utama biasanya menurun drastis ketika musim kemarau berlangsung. Berdasarkan pengambilan sampel debit air dengan menggunakan takaran liter, peneliti mencatat bahwa mata air Ciendog memiliki debit yang cukup melimpah. Proses pengukuran dilakukan dengan menampung air dalam wadah berukuran tertentu dan menghitung waktu pengisian untuk kemudian dikonversi menjadi nilai debit. Dari hasil pengukuran tersebut diperoleh data bahwa debit air dari mata air Ciendog mencapai 1,8 liter per detik. Nilai ini menunjukkan bahwa debit air dari mata air Ciendog masih mampu menyediakan pasokan air yang relatif stabil. Temuan ini menjadi penting karena dapat dijadikan dasar dalam perencanaan pemanfaatan sumber daya air di Desa Cihawuk, khususnya untuk mendukung kebutuhan masyarakat pada periode kekeringan.

3. Kondisi Geografis

Ketinggian titik sumber mata air Ciendog berada pada elevasi 1.381 meter di atas permukaan laut (mdpl), sedangkan titik bak penampungan berada pada ketinggian 1.448 mdpl. Dengan demikian, terdapat perbedaan elevasi vertikal antara sumber mata air dan bak penampungan sebesar 67 meter. Selain itu, jarak horizontal atau panjang saluran yang menghubungkan titik sumber ke bak penampungan tercatat sepanjang 232 meter. Data ini menunjukkan bahwa air dari mata air Ciendog harus melewati lintasan dengan kombinasi elevasi dan panjang saluran tersebut sebelum mencapai bak penampungan. Informasi mengenai perbedaan elevasi dan panjang saluran sangat penting karena menjadi dasar dalam perhitungan hidrolika, termasuk tekanan dan debit air yang dapat dipindahkan. Hal ini juga berpengaruh terhadap perencanaan sistem distribusi air agar tetap efisien dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Jarak dan ketinggian tersebut terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5. Jarak Dan Ketinggian Sumber Mata Air

4. Perhitungan Peningkatan Debit Air *Output*

Pada penelitian ini, penulis menetapkan beberapa parameter penting untuk perancangan pompa hydram melalui observasi langsung di lapangan. Data yang diperoleh meliputi debit air (q_1) sebesar 1,8 liter/detik atau setara dengan 0,0018 m³/detik, head pipa masuk (H) sebesar 7 meter, head pipa keluar (h) sebesar 67 meter, serta panjang pipa output mencapai 232 meter. Parameter-parameter tersebut menjadi dasar dalam perhitungan kinerja pompa hidram, khususnya untuk menentukan jumlah aliran pengeluaran yang dapat dicapai. Dengan menggunakan persamaan debit dan efisiensi hidram, nilai keluaran dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara head masuk dan head keluar. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar volume air yang mampu dipompa ke bak penampungan dengan kondisi lapangan yang ada.

$$Q_2 = \frac{h_1 \cdot Q_1 \cdot r}{h_2} = \frac{7,56}{67} = 0,1128 \text{ liter/detik}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, peningkatan debit air di Desa Cihawuk menunjukkan adanya tambahan pasokan sebesar 0,1128 liter per detik atau setara dengan 9.745 liter per hari. Jika angka tersebut dikalkulasikan dengan kondisi kekurangan debit air yang dialami masyarakat, yaitu sebesar 26.915 liter per hari, maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan debit mampu menutupi sebagian kebutuhan air bersih. Persentase penyelesaian kekurangan debit air mencapai 36,21%, sehingga kontribusi pompa hydram yang dirancang cukup signifikan dalam mengurangi permasalahan keterbatasan pasokan air.

5. Perhitungan Efisiensi Pompa Hydram

Efisiensi pompa hydram dapat dihitung sebagai perbandingan antara daya *output* dan daya *input*:

$$\eta = \frac{Q_2 \cdot h_2}{Q_1 \cdot h_1} = \frac{(0,1128)(67)}{(1,87)(7)} = 59 \%$$

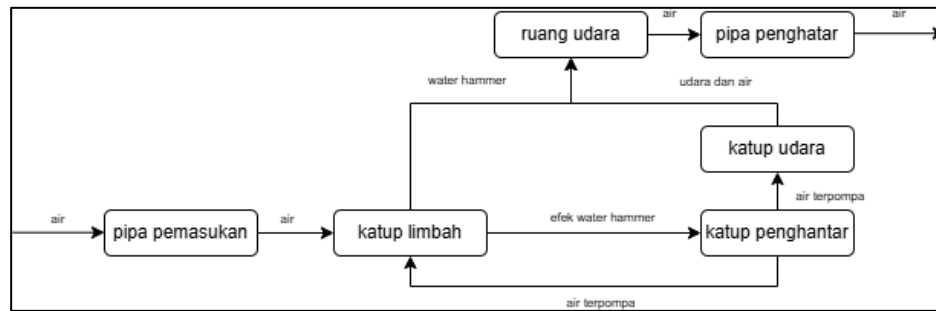
6. Analisis Masalah

Dari hasil observasi dan wawancara, peneliti memperoleh data bahwa pemakaian air di Desa Cihawuk pada musim kemarau mengalami kekurangan yang cukup signifikan. Desa ini memiliki lahan perkebunan seluas 9,31 hektar atau sekitar 90.310 meter persegi, dengan mayoritas tanaman berupa kentang. Dalam siklus pertumbuhannya, tanaman kentang membutuhkan suplai air sekitar 5,7 hingga 6,5 mm per hari, yang setara dengan 5.700 hingga 6.500 liter per hektar per hari. Dengan luas lahan yang ada, kebutuhan air untuk perkebunan mencapai sekitar 60.515 liter per hari. Selain itu, berdasarkan perhitungan rata-rata kebutuhan air manusia, setiap individu memerlukan sekitar 120 liter per hari. Dengan jumlah penduduk sebanyak 440 orang, kebutuhan air harian masyarakat mencapai 52.800 liter. Jika digabungkan, total kebutuhan air harian di Desa Cihawuk adalah 113.315 liter, sedangkan debit air yang tersedia dari sumber hanya sebesar 86.400 liter per hari. Kondisi ini menunjukkan bahwa masyarakat Desa Cihawuk masih mengalami kekurangan pasokan air bersih sebesar 26.915 liter per hari, sehingga diperlukan solusi alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut.

7. Identifikasi Kebutuhan

Peneliti melakukan survei kepada beberapa warga Desa Cihawuk untuk mengetahui kebutuhan air serta menilai apakah pemasangan pompa air dapat menjadi solusi dalam meningkatkan ketersediaan air di wilayah tersebut. Dari hasil wawancara, warga menyampaikan harapan terhadap jenis dan spesifikasi pompa yang sesuai dengan kondisi mereka. Pompa yang diinginkan adalah pompa yang tidak memerlukan operasi khusus, mudah dalam perawatan, serta dibuat dari bahan material yang awet seperti logam besi anti karat. Selain itu, masyarakat berharap pompa tersebut mampu menghasilkan debit air yang tinggi, hemat energi, dan tidak bergantung pada bahan bakar konvensional maupun listrik. Merujuk pada latar belakang tersebut, penulis kemudian merancang desain pompa dengan memadukan beberapa tahapan, mulai dari identifikasi kebutuhan, analisis permasalahan, perancangan konsep, pemberian bentuk dan sketsa, hingga pendetailan serta pembuatan gambar kerja. Proses perancangan ini mengikuti metode French yang digunakan sebagai acuan dalam merancang pompa hydram. Namun, pada penelitian kali ini penulis memfokuskan kajian pada penentuan ukuran komponen yang sesuai dengan kondisi lapangan, khususnya terkait debit air, perbedaan elevasi, dan panjang saluran yang dituju.

8. Perancangan Konsep

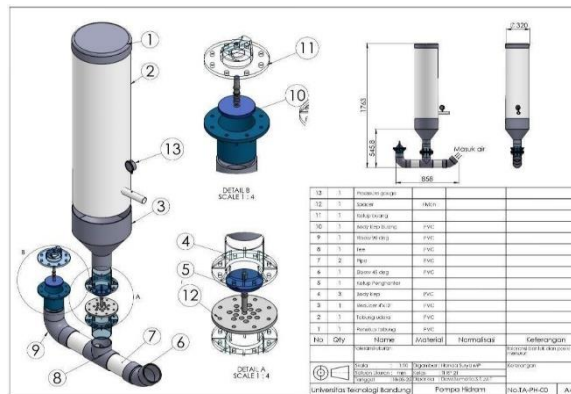


Gambar 6. Blok Fungsi Diagram

Dalam tahap perencanaan konsep, peneliti merancang sistem pompa hydram dalam bentuk diagram blok fungsi yang menjelaskan hubungan antara proses *input* dan *output* pada setiap elemen yang saling terhubung. Diagram ini digunakan untuk memperlihatkan secara jelas bagaimana aliran air bergerak serta bagaimana mekanisme kerja pompa berlangsung. Berdasarkan GAMBAR V, air yang masuk melalui pipa pemasukan akan mengalir menuju katup limbah. Ketika katup limbah menutup secara tiba-tiba, terjadi fenomena *water hammer* yang menghasilkan energi tekanan. Tekanan tersebut kemudian mendorong katup penghantar untuk membuka, sehingga air dan udara masuk secara berulang ke dalam ruang udara. Akumulasi udara di dalam ruang tersebut menciptakan tekanan yang stabil, yang selanjutnya digunakan untuk memompa air ke tempat dengan elevasi lebih tinggi. Dengan demikian, diagram blok fungsi tidak hanya menggambarkan alur kerja pompa hidram, tetapi juga menjelaskan prinsip dasar pemanfaatan energi hidrolik yang terjadi di dalam sistem.

9. Desain Pompa Tanpa Motor Terpilih

Desain pompa *Hydraulic Ram* pada GAMBAR VI dipilih karena memiliki ukuran dan rancangan yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat di Desa Cihawuk. Pompa ini terdiri atas enam komponen utama, yaitu *intake pipe*, *waste valve*, *delivery pipe*, *air valve*, *air chamber*, dan *delivery pipe*. Seluruh komponen dirancang berdasarkan spesifikasi yang telah diperhitungkan serta dijelaskan pada proses pendetailan menggunakan metode *French*. Dalam perancangan ini, bahan pipa PVC dipilih karena memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan material lain seperti besi atau *stainless steel*. Selain itu, pipa PVC juga memiliki tingkat ketahanan korosi yang tinggi serta bobot yang ringan, sehingga memudahkan proses instalasi maupun perawatan.



Gambar 7. Desain Pompa Hydram Yang Terpilih

Dengan pertimbangan tersebut, rancangan desain pompa ini dinilai sesuai dengan kebutuhan warga Desa Cihawuk yang menginginkan pompa air mampu meningkatkan debit air, hemat biaya, serta mudah dalam pengoperasian dan perawatannya. Berdasarkan identifikasi kebutuhan dan masalah di sini peneliti memutuskan memilih pompa berjenis *Hydraulic Ram Pump* dengan spesifikasi pompanya sebagai berikut:

TABEL V
SPESIFIKASI POMPA HYDRAM

Parameter	Satuan
Debit air	1.8liter/detik (0.0018 m^3 /detik)
Tinggi pipa masuk	7 Meter
Panjang pipa masuk	15 Meter
Panjang pipa keluar	232 Meter
Diameter pipa masuk	4 inci (102 mm) pipa besi

	galvanis
Diameter pipa keluar	1.5, 1, 0.5 inci (38.1, 25.4, 12.7 mm) pipa HDPE
Diameter tabung	8 inci
Tinggi tabung	1082mm

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil meningkatkan debit air dari sumber mata air tambahan sehingga mampu mengurangi kekurangan pasokan air bersih di Desa Cihawuk. Sebelum dilakukan perancangan pompa, masyarakat mengalami defisit air sebesar 26.915 liter per hari. Setelah penerapan sistem pompa, kekurangan tersebut dapat ditekan menjadi 17.169 liter per hari. Jika dihitung secara persentase, debit air di Dusun Ciakar, Desa Cihawuk, mengalami peningkatan sebesar 36,21%. Selain itu, penelitian ini juga berhasil merancang pompa *hydraulic ram pump* dengan menggunakan metode perancangan French. Rancangan yang dihasilkan lebih efisien dalam memanfaatkan energi potensial air, serta memberikan solusi yang hemat biaya dan mudah dalam perawatan. Pompa ini mampu meningkatkan debit air tanpa memerlukan tenaga listrik maupun bahan bakar konvensional, sehingga sangat sesuai digunakan di daerah dengan keterbatasan akses energi, seperti pada sumber mata air Ciendog. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi teknis, tetapi juga menawarkan solusi praktis yang dapat mendukung keberlanjutan pemenuhan kebutuhan air bersih masyarakat.

REFERENSI

- [1] Sutrisna N, Surdianto Y. Pengaruh Bahan Organik Dan Interval Serta Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kentang Di Rumah Kaca. *Jurnal Hortikultura* 2017;17:84263.
- [2] Salimin, & La Ode Ahmad Barata. (2021). *Perancangan dan Pengujian Pompa Hidram*. PISTON: Jurnal Teknologi, 6(2). DOI: <https://doi.org/10.55679/pistonjt.v6i2.35> (doi.org in Bing)
- [3] Aprianto Saragih (2023). *Analisis Unjuk Kerja Pompa Hydram Double Katup Buang dengan Variasi Ketinggian Air (Head)*. Skripsi, Universitas Medan Area.
- [4] Pane, B. F., Akbar, S., Hasballah, T., & Pardede, S. (2020). Rancang bangun dan pengujian pompa hidram (hydraulic ram pump) digunakan di Desa Sei Musam Dusun Namunggas. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 1(1). <http://dx.doi.org/10.46930/teknologimesin.v1i1.3363> (dx.doi.org in Bing)
- [5] Mulia, M. R., Wahab, A., & Hartono, P. (2019). *Analisa Perencanaan Pompa Hidraulik Ram*. Universitas Islam Malang.
- [6] Kusuma Asj. Uji Kinerja Pompa Hidram Dengan 4 (Empat) Buah Klep Buang Dan 1 (Satu) Buah Klep Hisap Diameter 1 (Satu) Inci 2022;4.
- [7] Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product Design and Development* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- [8] Universitas Riau, *Perancangan Mesin Pencacah Limbah Medis Padat dengan Metode French*. Universitas Riau, 2024..
- [9] Jurnal Teknik Mesin. (2023). Implementasi metode elemen hingga menggunakan SolidWorks untuk optimasi desain komponen otomotif. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Mercu Buana*, 12(2), 45–53.
- [10] Reswara. (2025). Training penggunaan SolidWorks bagi karyawan industri furnitur untuk meningkatkan efisiensi desain produk. *Reswara: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 77–85
- [11] Jurnal Pendidikan Teknik Mesin. (2016). Penerapan modul pembelajaran SolidWorks untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam pemodelan CAD 3D. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*, 5(2), 101–110.