

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI POMPA HIDROLIK PADA KETINGGIAN SUMBER 1,6 METER

Suroso, Dwi Priyantoro, Yordan Krisandy

Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281

ABSTRAK

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI POMPA HIDROLIK PADA KETINGGIAN SUMBER 1,6 METER. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pompa hidrolik dengan memvariasi beberapa ukuran yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya, serta menganalisa karakterisasi pompa hidrolik dengan ketinggian sumber 1,6 meter dan diameter drive pipe 2 inci terhadap fungsi debit air yang dihasilkan (Q_{air}) dengan ketinggiannya (h). Hasil dari pengujian yang dilakukan di kampus STTN BATAN didapatkan fungsi hubungan antara debit (Q) air yang dihasilkan terhadap ketinggian (h). Semakin tinggi ketinggian yang dicapai maka semakin kecil debit air yang dihasilkan. Pada percobaan yang telah dilakukan didapat efisiensi pompa terbesar pada ketinggian 1 meter, yaitu 25,99 % dengan debit air yang dihasilkan sebesar 21,4 liter/menit, dan efisiensi pompa terkecil pada ketinggian 7 meter, yaitu 5,11 % dengan debit air yang dihasilkan sebesar 1,92 liter/menit.

Kata kunci : pompa hidrolik, pompa hydram, karakterisasi pompa hidrolik.

ABSTRACT

MANUFACTURING AND CHARACTERIZATION OF HYDRAULIC PUMP ON HEAD INPUT 1,6 METERS. The purpose of research to design a hydraulic pump by varying several measures that have been done by previous research, and analyze the characterization of the hydraulic pump to the head source of 1,6 meters and a diameter of drive pipe 2 inch to discharge the functions of water produced (Q_{air}) by height (h). The results of testing conducted on campus STTN BATAN obtained function relationship between discharge (Q) of water produced to the height (h). The higher the altitude attained, the smaller discharge of water produced. In the experiments have been carried out the largest pump efficiency obtained at a height of 1 meter, which is 25,99% with the discharge of water produced at 21,4 liters/minute, and the smallest pump efficiency at a height of 7 meters, which is 5.11% with water discharge produced by 1.92 liters/minute.

Keywords : hydraulic pump, hydram pump, characterization of hydraulic pump

PENDAHULUAN

Berkembangnya ilmu pengetahuan membuat manusia jauh lebih inovatif dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapinya. Di Indonesia, beberapa wilayah mengalami permasalahan irigasi air karena jauh dari sungai, juga keterbatasan pengadaan energi listrik maupun sumber energi lain sehingga tidak praktis menggunakan motor listrik untuk mengalirkan air dari tempat yang jauh. Oleh karena itu pada tugas akhir ini akan dirancang dan dibuat suatu teknologi atau alat bantu berupa pompa hidrolik.

Pompa hidrolik adalah salah satu alat yang digunakan untuk mengangkat air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial sumber air

yang akan dialirkan. Pompa hidrolik mengalirkan air secara terus menerus dengan menggunakan energi potensial air yang dialirkan sebagai tenaga pendorong utama tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar.

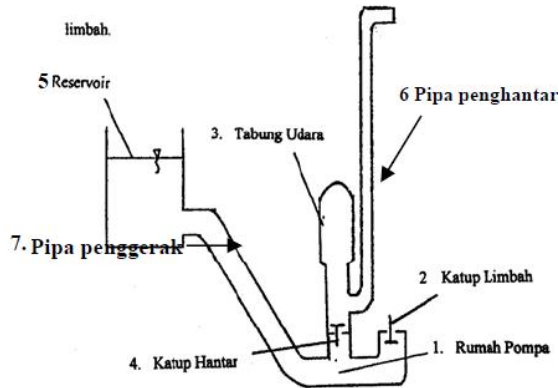
DASAR TEORI

Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik atau biasa disebut dengan pompa hydram adalah suatu peralatan yang unik, dimana peralatan ini menggunakan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian jatuh rendah sebagai energi penggerak untuk memompa sebagian air ke tempat yang jauh lebih tinggi dari tekanan sumber air. Aliran air yang terus menerus mengakibatkan pompa ini juga dapat beroperasi

secara terus menerus dengan tidak menggunakan sumber energi lain^[1].

Bagian-bagian dari pompa hidrolik ditunjukkan pada Gambar 1^[2].



Gambar 1. Bagian-Bagian Pompa Hidrolik

Bagian-bagian pompa hidrolik adalah sebagai berikut :

1. Badan pompa (*body pump*)
Merupakan ruang utama tempat terjadinya proses pemompaan.
2. Katup limbah (*waste valve*)
Merupakan tempat keluarnya air yang berfungsi memancing gerakan air yang berasal dari tangki, sehingga dapat menimbulkan aliran air yang bekerja sebagai sumber tenaga pompa. Pada rangkaian katup limbah inilah terjadi proses ledakan air (*water hammer*).
3. Tabung udara (*air chamber*)
Tabung ini berfungsi untuk memperkuat tekanan dinamik.
4. Katup hantar (*check valve*)
Katup yang menghantarkan air dari rumah pompa ke tabung udara, serta menahan air yang telah masuk agar tidak kembali masuk ke rumah pompa.
5. Tangki (*reservoir*)
Tangki ini berfungsi untuk menampung air yang berasal dari sumber.
6. Pipa penghantar (*delivery pipe*)
Pipa ini berfungsi untuk menghantarkan air menuju ke lokasi yang diinginkan.
7. Pipa penggerak (*drive pipe*)
Pipa ini berfungsi untuk menyalurkan air dari tangki menuju badan pompa.

Pompa hidrolik merupakan suatu alat yang sederhana dan secara struktur, terdiri atas tiga bagian utama yaitu *waste valve*, *check valve*, dan *air chamber*. Pompa hidrolik bekerja berdasarkan prinsip *water hammer*. Penutupan katup limbah menyebabkan aliran air seperti dihentikan secara tiba-tiba, sehingga terjadi perubahan bentuk energi kinetik menjadi energi tekanan. Besarnya perubahan energi tersebut ditentukan oleh

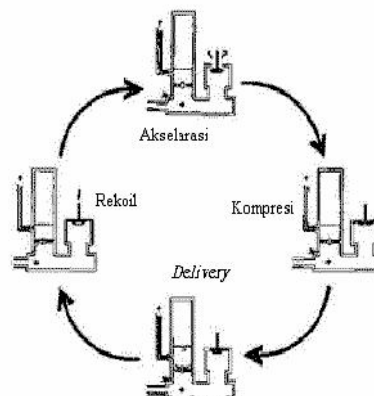
kecepatan menutupnya katup buang. Penutupan katup buang yang secara tiba-tiba akan mengakibatkan peningkatan tekanan yang tinggi di dalam *drive pipe*. Peristiwa ini dikenal sebagai *water hammer*^[1].

Prinsip Kerja Pompa Hidrolik

Walt (1981) berpendapat bahwa pada sistem pemompaan pompa hydram, peristiwa *water hammer* ini terjadi karena air yang mengalir dalam pipa dengan kecepatan (V_1) masuk ke dalam sistem pompa naik ke *waste valve*, sehingga terjadi penutupan tiba-tiba dan menyebabkan timbulnya tekanan yang cukup besar dalam badan pompa. Gelombang tekanan air yang terjadi akibat *water hammer* diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai tabung kompresor melalui *delivery valve*^[1].

Sebagian gelombang tekanan tersebut akan menjadi arus balik ke arah sumber air dan ini berarti terjadi penurunan tekanan pada sistem pompa sehingga *delivery valve* tertutup kembali sedangkan *waste valve* membuka kembali. Akibat dari pembebasan gelombang tekanan tersebut, kembali lagi arus massa air dari sumber air menuju pompa akan menekan naik *waste valve* sehingga terjadi penutupan tiba-tiba yang mengakibatkan terjadi peristiwa *water hammer*. Proses yang terjadi berulang-ulang inilah yang mendorong naik air ke pipa penghantar untuk kemudian diteruskan ke bak penampung^[1].

Siklus pemompaan pompa dapat dibagi menjadi empat periode, yang didasarkan pada posisi katup pembuangan seperti yang terlihat pada Gambar 2^[3].



Gambar 2. Siklus Pemompaan Pompa Hidrolik

Dengan urutan penjelasan langkah sebagai berikut :

- a. Akselerasi : Katup pembuangan terbuka dan air mulai mengalir dari sumber dan keluar melalui katup pembuangan. Aliran mengalami percepatan akibat pengaruh ketinggian sumber

- (h), sampai kecepatan nol dicapai di dalam pipa penggerak.
- Kompresi : Katup pembuangan terus menutup dan akhirnya tertutup penuh. Dan pada saat itu air bergerak sangat cepat dan tiba-tiba kesegala arah yang kemudian mengumpulkan energi gerak yang berubah menjadi energi tekan.
 - Penghantar : Katup pembuangan tertutup penuh dan tetap tertutup. Penutupan tiba-tiba mengakibatkan tekanan yang tinggi di dalam hydram dan pada *check valve* yang melebihi tekanan penyaluran statis. Katup kendali didorong terbuka dan pemompaan berlangsung sampai kecepatan maksimum dan proses pemompaan berhenti, dibawah pengaruh perlambatan head tekanan penyaluran.
 - Rekoiil : Katup penyaluran tertutup. Tekanan dekat tekanan katup kendali jauh lebih tinggi daripada tekanan sumber statis dan aliran balik terhadap sumber aliran. Peristiwa ini disebut kegiatan pembalikan. Peristiwa pembalikan mengakibatkan ruang vakum di hydram, secara temporari mendorong sejumlah kecil udara diisap masuk ke dalam hydram melalui katup udara. Tekanan pada bagian bawah katup pembuangan juga berkurang dan bersamaan dengan pengaruh beratnya sendiri, katup pembuangan membuka secara otomatis. Air di dalam pipa penggerak kembali ke tekanan sumber statis sebagaimana sebelumnya dan siklus berikutnya dimulai. Peristiwa ini secara otomatis diulang pada pada saat pemompaan.

Water Hammer

Water hammer adalah peristiwa benturan yang sangat keras atau hantaman yang terjadi di dalam pipa akibat aliran air yang tiba-tiba dihentikan. Peristiwa ini disebabkan oleh tekanan atau gelombang kejut yang bergerak lebih cepat dari pada kecepatan suara yang melalui pipa. *Water hammer* adalah fenomena terjadinya perbedaan tekanan yang diakibatkan oleh penutupan *valve* yang cepat ataupun matinya pompa secara tiba-tiba^[4].

Persamaan Yang Dipergunakan

Efisiensi Pompa

Efisiensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1)^[5].

$$\eta_D = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \quad (1)$$

dengan :

η_D : efisiensi pompa (%)

Q_{out} : debit air yang keluar/dihasilkan (liter/menit)

Q_{in} : debit air yang masuk (liter/menit)

Debit Air

debit air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2)^[6].

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

dengan :

Q : debit air yang ditampung ($\frac{\text{meter}^3}{\text{detik}}$)

V : volume air yang ditampung (meter^3)

t : waktu (detik)

Tekanan Pada Suatu Fluida

Besarnya tekanan pada suatu fluida, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).^[6]

$$P = \rho \times g \times h \quad (3)$$

dengan :

P : tekanan (N/m^2)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

ρ : massa jenis air (1000 kg/m^3)

h : tinggi kolom air/head pemompaan (meter)

Gaya

Besarnya gaya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4)^[6].

$$F = P \times A \quad (4)$$

dengan :

F : gaya (Newton)

A : luas penampang (meter^2)

P : tekanan (newton/meter²)

Energi Potensial

Energi potensial dan massa m pada ketinggian h dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5)^[6].

$$E_{potensial} = m \times g \times h \quad (5)$$

dengan :

m : massa jenis air (1 kg)

g : gaya gravitasi (9,8 m/s)

h : head pompa (meter)

Energi Pompa

Pompa dengan daya P , maka energi pompa dalam waktu t detik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6)^[6].

$$E_{pompa} = P \times t \quad (6)$$

dengan :

P : daya pompa (watt)

t : waktu (detik)

Bila pompa digunakan untuk menaikkan massa (kg) fluida, maka akan berlaku persamaan (7)^[6].

$$E_{pompa} = E_{potensial}$$

$$F_x t = m_x \rho x h$$

Tabung

Untuk menghitung luas penampang tabung, maka dapat menggunakan persamaan (8).

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \text{ atau } \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2$$

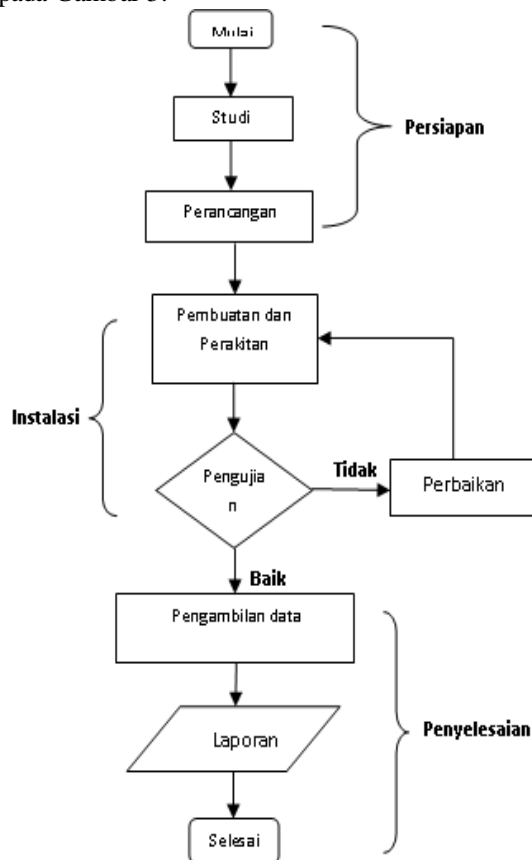
dengan :

A : luas penampang (meter²)
 d : diameter tabung (meter)
 π : konstanta (3,14)

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

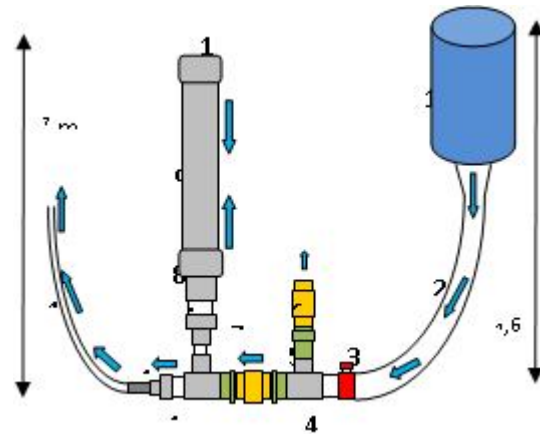
Penelitian ini terdiri dari perancangan, pembuatan, dan pengujian karakteristik pompa terhadap fungsi ketinggian dengan ketinggian sumber setinggi 1,6 meter dari badan pompa. Perancangan dan pembuatan pompa hidrolik dilakukan di Madiun dari bulan Maret-Juni 2011, kemudian dilakukan pengujian karakteristik pompa di STTN-BATAN Yogyakarta pada bulan Juli 2011. Diagram alir pembuatan alat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Perancangan (7)

Pada penelitian ini akan dirancang suatu instalasi pompa hidrolik. Instalasi ini digunakan untuk menguji karakteristik pompa hidrolik berdasarkan debit air yang dihasilkan terhadap ketinggian pemompaan. Perancangan ini mengacu pada studi literatur yang diperoleh. Skema perancangan dapat dilihat pada Gambar 4^[7].



Gambar 4. Skema Perancangan Pompa Hidrolik

Keterangan :

1. Bendungan (menggunakan gallon aqua)
2. Selang diameter 2 inci
3. Ball valve 1 ¼ inci
4. Sambungan T 1 ¼ inci
5. Shock drat luar 1 ¼ inci
6. Tusen klep satu arah kuningan produksi ONDA 1 ¼ inci
7. Sambungan (2-1 ¼) inci
8. Sambungan (4-2) inci
9. Pipa paralon PR 160 PVC 4 inci (sepanjang 61,44 cm)
10. Dop paralon 4 inci
11. Sambungan (1 ¼-¾) inci
12. Pipa paralon ¾ inci (sepanjang 10 cm)
13. Selang plastik ¾ inci (sepanjang 10 meter)
14. Pipa paralon 2 inci (sepanjang 10 cm)

Alat dan Bahan

1. Pipa paralon diameter ¾, 1 ¼, 2, dan 4 inci
2. Sambungan (4-2) inci, (2-1 ¼) inci, (1 ¼-¾) inci
3. Tusen klep satu arah kuningan produksi ONDA 1 ¼ inci
4. Shock drat luar 1 ¼ inci
5. Ball valve 1 ¼ inci
6. Dop paralon 4 inci
7. Selang ¾ dan 2 inci
8. Gallon aqua
9. Klem selang 1, 2.5, dan 3 inci
10. Thread seal
11. Lem pipa PVC
12. Alat kerja bangku

Analisis Data

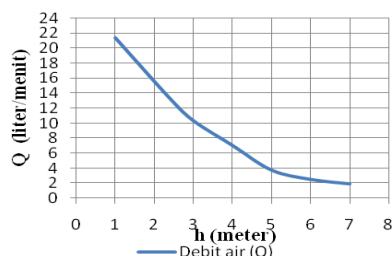
Dari pengujian karakteristik pompa terhadap debit air yang dihasilkan berdasarkan fungsi ketinggian (h), dengan ketinggian sumber 1,6 meter,

dan spesifikasi pompa sesuai dengan pembuatan yang telah dibahas sebelumnya, maka didapatkan data berupa hubungan antara volume air yang dihasilkan dengan fungsi waktu dan ketinggian, yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi Pompa Terhadap Ketinggian

Head output (meter)	Head input (meter)	Debit output (liter/menit)	Debit pembuangan (liter/menit)	Debit input (liter/menit)	Efisiensi pompa (%)
1	1,6	21,4	60,93	82,33	25,99
2,4	1,6	13,3	50,98	64,28	20,69
3	1,6	10,34	48,75	59,09	17,5
4	1,6	7,05	45,77	52,82	13,34
5	1,6	3,75	42,16	45,91	8,17
6	1,6	2,52	40,52	43,04	5,85
7	1,6	1,92	35,66	37,58	5,11

Hubungan antara debit air yang keluar (Q) dengan fungsi ketinggian (h), dapat dibuat dalam bentuk grafik, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Debit Air Terhadap Fungsi Ketinggian

Kemudian dengan melakukan perhitungan dari beberapa rumus yang terdapat pada dasar teori, didapat volume bendungan ± 16 liter, volume *chamber* $\pm 4,788$ liter, dan tekanan yang terjadi pada *drive pipe* $15,68 \text{ N/m}^2$ dengan gaya $0,032 \text{ N}$.

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah berhasil membuat pompa hidrolik dengan komponen utama berupa pipa pvc. Hasil pembuatan pompa dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pompa Hidrolik

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa besarnya debit air yang masuk (Q) pada masing-masing ketinggian berbeda, hal ini disebabkan karena kecepatan membuka dan menutup pegas selalu berubah ubah/tidak stabil. Debit air yang masuk (Q) memiliki kapasitas terbesar pada ketinggian 1 meter, yaitu sebesar 82,33 liter/menit. Dan memiliki kapasitas terkecil pada ketinggian 7 meter, yaitu sebesar 37,58 liter/menit. Dari beberapa data yang diperoleh, maka didapatkan kesimpulan bahwa efisiensi pompa terbesar terdapat pada ketinggian 1 meter, yaitu sebesar 25,99 %. Dan efisiensi pompa terkecil terdapat pada ketinggian 7 meter, yaitu sebesar 5,11 %.

Hubungan antara debit air yang keluar (Q) terhadap ketinggian dapat dilihat pada Gambar 5. Dari grafik tersebut diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi head air yang akan dicapai, maka semakin kecil debit air yang dihasilkan, dan semakin rendah head air yang akan dicapai, maka semakin besar debit air yang akan dihasilkan. Grafik tersebut juga dapat disebut sebagai spesifikasi kinerja pompa hidrolik pada penelitian ini.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan antara lain :

1. Telah berhasil dibuat pompa hidrolik yang mampu menaikkan air hingga ketinggian 7 meter, dengan ketinggian sumber 1,6 meter, dan diameter *drive pipe* sebesar 2 inci.
2. Berdasarkan pengujian karakteristik pompa hidrolik yang telah dibuat, didapatkan fungsi hubungan antara debit (Q) air yang dihasilkan terhadap ketinggian (h). Semakin tinggi ketinggian yang dicapai maka semakin kecil debit air yang dihasilkan. Pada percobaan

yang telah dilakukan didapat efisiensi pompa pada ketinggian 1 meter, yaitu 25,99 % dengan debit air yang dihasilkan sebesar 21,4 liter/menit, hingga efisiensi pompa pada ketinggian 7 meter, yaitu 5,11 % dengan debit air yang dihasilkan sebesar 1,92 liter/menit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Widarto; Sudarto C.Ph., 1997, "Membuat Pompa Hidram", Kanisius, Yogyakarta.
2. Santoso, G., 2003, "Studi Karakteristik Volume Tabung Udara dan Beban Katup Limbah Terhadap Efisiensi Pompa Hydraulic Ram", Universitas Kristen Petra, Surabaya.
3. Sinaga, J.B., 2009, "Perancangan Alat Pengujian Pompa Tanpa Motor", sebagai panduan praktikum prestasi mesin, Teknik Mesin, Lampung.
4. Hanafie, J., 1979, "Teknologi Pompa Hidraulik Ram", Pusat Teknologi Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
5. Taufik, I., 1996, "Studi Terhadap Prestasi Pompa Hidraulik Ram Dengan Variasi Beban Katub Limbah", Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
6. Krist, T., 1991, "Hydraulica", Erlangga, Keuntungan dan Kerugian Hidraulik (hal 5-9).
7. Smith, B., 2010, (<http://virtual.clemson.edu/group/irrig/Equip/ram.htm>), terakhir dimodifikasi pada tanggal 26 Juni 2010.
2. Karena diameter pipa drive pompa 2 inci debit pada ketinggian 7 m hanya 1,921/menit.
3. Untuk dapat menaikkan debit dengan ketinggian output pompa perlu membuat tabung sebagai tabung kompressor yang sizenya lebih besar (diameter dan panjang pipa).

TANYA JAWAB

Pertanyaan

1. Apa fungsi dan aplikasi pompa hidran? (Ingga Wijaya)
2. Bagaimana pengaruh debit yang dihasilkan dalam alat ini? (Zumaro)
3. Bagaimana jika kita menghendaki kenaikan air sampai jauh di atas 7 m? (Zumaro)

Jawaban

1. Fungsi pompa hidran sama dengan pompa lainnya yang dapat menaikkan fluida dengan memanfaatkan head input yang masuk ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai tabung kompressor untuk menaikkan air seperti fungsi pompa. Aplikasi pompa hidran sebagai pengganti pompa dimana tidak memerlukan catu daya seperti listrik atau energi lain, tapi cukup dengan memanfaatkan head input.