

Perancangan Pompa Air *Positive Displacement* yang Digerakkan Oleh Turbin Angin Sudu Jamak

Amri Hidayat¹, Mietra Anggara²
Universitas Teknologi Sumbawa
Fakultas Rekayasa Sistem
Jalan Raya Olat Maras, Batu Alang Kec, Moyo Hulu
Email: amri,hidayat@uts.ac.id

ABSTRAK

Di beberapa daerah di Indonesia seperti Kabupaten Sumbawa, masih memiliki wilayah terpencil yang jauh dari jaringan listrik nasional, jaringan irigasi pertanian dan perusahaan daerah air minum, tetapi memiliki kelebihan yaitu tersedianya sumber air tanah (air sumur) dengan kedalaman sumur antara 3 m sampai 9 m. Namun untuk mengangkat air sumur dibutuhkan suatu sistem pemompaan, seperti pompa berpengerak motor bakar, motor listrik atau memanfaatkan sumber energi terbarukan seperti turbin angin sudu jamak yang di gerakan secara mekanik. Sudu dihubungkan dengan poros dan mekanisme engkol ditempatkan di ujung poros. Ketika sudu berputar secara otomatis mekanisme engkol juga akan berputar. Karena pengaturan eksentrik poros, gerakan putaran mekanisme engkol diubah menjadi gerakan linier yang diteruskan ke batang piston pompa, sehingga proses pemompaan akan berlangsung secara terus menerus sesuai dengan ketersediaan dan kecepatan angin. Memanfaatkan turbin angin sebagai penggerak pompa air bisa dilakukan karena letak geografis Kabupaten Sumbawa yang memiliki garis pantai cukup panjang dengan kecepatan angin di atas 2,3 m/detik. Pada penelitian ini telah dirancang pompa air model piston (pompa air *positive displacement*) dengan penggerak turbin angin sudu jamak, diameter silinder pompa 50,80 mm, panjang langkah pompa 127 mm, ketinggian (head) pemompaan 9 m pada kecepatan angin 2,8 m/detik. Dari hasil perancangan diketahui aliran air rata-rata efektif yaitu 7,8 m³/hari dan torsi untuk memulai pemompaan yaitu 11,21 Nm.

Kata Kunci : Perancangan, pompa air model piston, *positive displacement*, konversi energi,

LATAR BELAKANG

Pemanfaatan sumber daya energi terbarukan untuk meningkatkan ketersediaan air baik untuk konsumsi, peternakan dan pertanian, dengan mengembangkan infrastruktur teknologi pemompaan air melalui pengembangan pompa piston berpengerak turbin angin sudu jamak yang digerakkan secara mekanik atau elektrik adalah solusi untuk permasalahan ketahanan pada sumber daya air, khususnya daerah terpencil yang memiliki keterbatasan jangkauan jaringan listrik nasional, jaringan irigasi pertanian dan perusahaan daerah air minum seperti beberapa wilayah di Kabupaten Sumbawa yaitu Dusun Naga Lidam.

Pemompaan air sangat penting, untuk memenuhi kebutuhan konsumsi, peternakan dan pertanian yang bisa diambil dari sumber air seperti; sumur bak terbuka, sumur bor, sungai atau bendungan. Namun, karena terbatasnya ketersediaan energi listrik, beberapa bentuk energi alternatif bisa dimanfaatkan untuk memompa air dari sumber ke titik penggunaan, seperti potensi penggunaan turbin angin sudu jamak untuk menggerakkan pompa air. Teknologi pemompaan ini sudah mulai dikembangkan pada akhir abad ke 19, digunakan untuk peternakan dan konsumsi terutama di daerah di mana pompa listrik dan bahan bakar fosil tidak praktis untuk digunakan dan wilayah yang memiliki kecepatan angin minimal 8 km/jam terutama di wilayah dekat pantai yang memiliki kecepatan angin cukup tinggi.

Pompa air dengan penggerak turbin angin adalah kombinasi antara pompa air piston yang digerakkan secara mekanik oleh turbin angin, prinsip kerjanya yaitu; energi angin digunakan untuk memutar sudu turbin angin. Sudu dihubungkan dengan poros dan mekanisme engkol ditempatkan di ujung poros. Ketika sudu berputar secara otomatis mekanisme engkol juga akan berputar. Karena pengaturan eksentrik poros, gerakan putaran mekanisme engkol diubah menjadi gerakan linier yang diteruskan kepada batang piston pompa, sehingga proses pemompaan akan berlangsung secara terus menerus sesuai dengan ketersediaan dan kecepatan angin.

Pada rancangan pompa piston dengan penggerak turbin angin sudu jamak, dimensi dari pompa air piston sangat penting untuk mendapatkan kinerja maksimal dari alat. Oleh karena itu pada tesis ini akan dilakukan perancangan pompa air model piston menggunakan metode desain Pahl-beitz.

TINJAUAN PUSTAKA

Daya Energi Angin Untuk Pemompaan. Daya yang digunakan untuk memompa air akan berkurang sebanding dengan efisiensi mekanis energi angin untuk pemompaan dari seluruh unit pompa berpengerak turbin angin. Daya yang potensial untuk dimanfaatkan oleh turbin angin dapat ditentukan berdasarkan persamaan [1,2]:

:

$$P_{Kinetik} = \frac{1}{2} \times \rho \times A_{Rotor} \times V^3$$

Dimana:

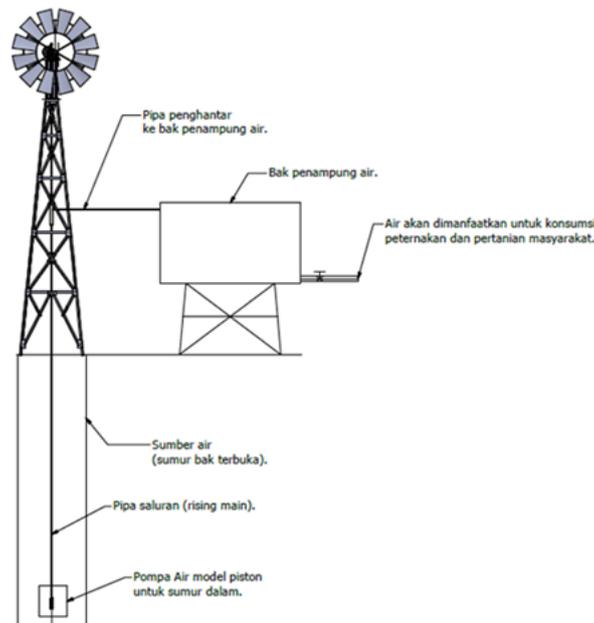
$P_{kinetik}$ = daya kinetik angin (watt)

ρ = massa jenis udara (kg/m³)

A_{rotor} = luas penampang rotor (m²)

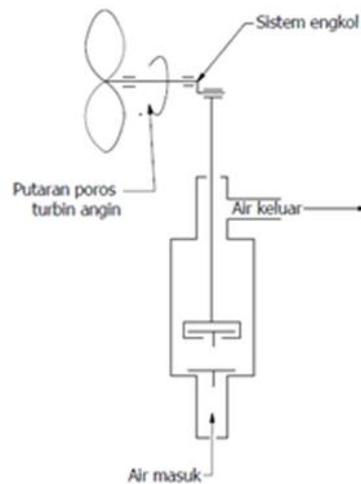
V = kecepatan angin (m/detik).

Turbin Angin Sebagai Pengerak Pompa Air. Turbin angin dapat digunakan untuk pemompaan air dari berbagai sumber seperti sungai, kanal, danau dan sumur. Turbin angin terpasang di atas atau dekat dengan sumber air, untuk meminimalkan kehilangan daya pada saat transmisi energi. Jenis pompa yang digunakan tergantung pada lokasi sumber air dan kebutuhan, misalnya untuk keperluan head rendah dengan volume tinggi, head tinggi dengan volume rendah atau gabungan dari keduanya dan jenis sumber energi yang digunakan, sehingga kombinasi antara jenis turbin angin dan jenis pompa harus tepat. [3]



Gambar 1. Tata letak pompa air dengan penggerak turbin angin

Prinsip Kerja Pompa Air Berpengerak Turbin Angin. Pada saat rotor turbin angin sudu jamak berputar karena energi kinetik angin, menyebabkan poros utama turbin angin berputar. Putaran poros utama yang menyatu dengan mekanisme engkol, dan mekanisme engkol yang tersambung dengan batang pompa menyebabkan batang pompa bergerak naik-turun, gerakan ini merupakan gerakan yang dibutuhkan oleh pompa piston untuk menggerakkan komponen pompa sehingga aliran air bisa dihasilkan. [3]



Gambar 2. Cara kerja pompa air dengan penggerak turbin angin

METODE PERANCANGAN

Metode perancangan yang digunakan adalah cara merancang Pahl dan Beitz yang terdiri dari; klarifikasi tugas, konseptualisasi perancangan, perwujudan rancangan, dan pemerincian rancangan yang menghasilkan dokumen untuk pembuatan produk pompa dan kelengkapannya. [4]

Klarifikasi Tugas. Berdasarkan hasil survey di lapangan produk ini sangat dibutuhkan oleh masyarakat di daerah terpencil, khususnya daerah yang jauh dari jaringan listrik, jaringan air PDAM, dan jaringan irigasi, karena produk yang akan dibuat berfungsi untuk memompa air dari sumur terbuka atau sumur bor dengan memanfaatkan energi angin sebagai energi penggerak pompa air. Produk pompa ini direkomendasikan untuk digunakan di daerah dengan kecepatan angin minimal 8 km/jam.

Tabel 1. Data kecepatan angin rata-rata, 1 januari 2018 - 31 desember 2018 (Kecepatan angin pada kolom warna biru akan digunakan untuk perhitungan).

No.	Rata-rata (km/jam)	Rata-rata (m/detik)
1	9	2,5
2	8,9	2,5
3	8,8	2,5
4	9,2	2,5
5	10	2,8
6	10,5	2,9
7	10,2	2,8
8	10,6	2,8
9	10,9	3
10	11,4	3,2
11	11,2	3,1
12	8,6	2,4

Selanjutnya rancangan pompa ini akan diaplikasikan untuk memompa air dengan kedalaman sumur 6 m dan ketinggian bak penampung 3 m, sehingga head total 9 m.

Sebagai dasar perencanaan untuk pembuatan produk pompa, dari hasil survey di lapangan terlebih dahulu diketahui jumlah atau volume kebutuhan air, yaitu: konsumsi masyarakat, peternakan dan pertanian. Rincian kebutuhan air dijelaskan pada tabel di bawah.

Tabel 2. Rincian kebutuhan air.

No.	Kebutuhan	Volume
1	Konsumsi untuk 10 KK, 1 KK rata-rata 5 orang, sehingga total ada 50 orang (60 liter/hari/orang)	3000 liter atau 3 m ³
2	Peternakan sapi untuk 70 ekor (25 liter/hari/ekor)	1750 liter atau 1,75 m ³

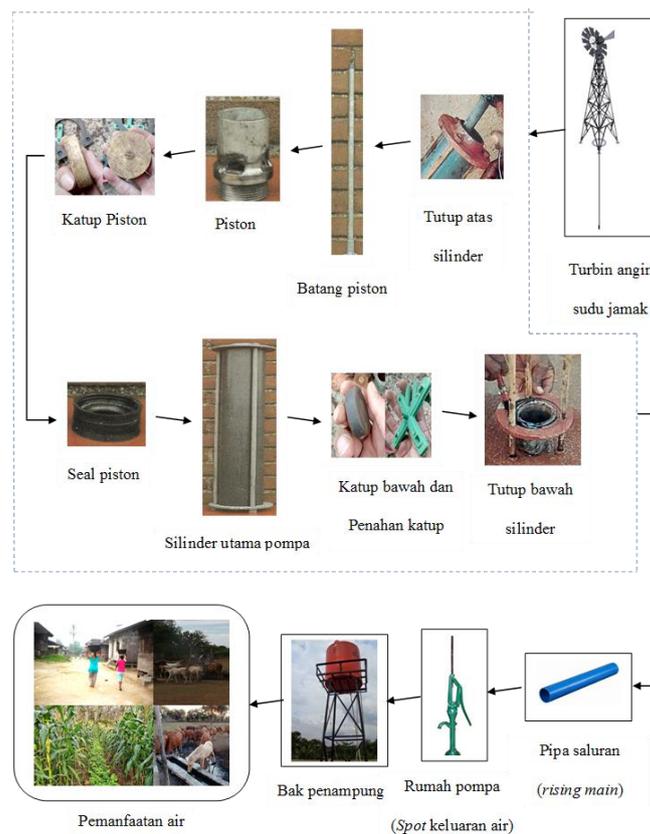
	Peternakan kuda untuk 50 ekor (20 liter/hari/ekor)	1000 liter atau 1 m ³
3	Untuk pertanian jagung dan sayur-sayuran, luas lahan 1400 m ² , asumsi kebutuhan air 1500 liter/hari	1500 liter atau 1,5 m ³
Total kebutuhan		7,25 liter/hari atau 7,25 m ³ /hari

Berdasarkan uraian di atas, tugas yang harus dipenuhi adalah perancangan pompa piston dengan penggerak turbin angin sudu jamak untuk mengangkat air dari sumur dengan kapasitas minimum disesuaikan dengan kebutuhan yaitu 7,25 m³/hari.

Perancangan Konsep Produk. Konseptualisasi perancangan adalah perincian terhadap solusi yang menjadi dasar pemikiran rancangan pompa piston dengan penggerak turbin angin sudu jamak.

Pompa air model piston dengan penggerak turbin angin sudu jamak digunakan untuk mengangkat air dari sumur untuk dipindahkan ke permukaan yang lebih tinggi guna memenuhi kebutuhan masyarakat yaitu: untuk konsumsi, pertanian dan peternakan. Pompa digunakan pada sumur dengan kedalaman 6 m dan tinggi bak penampung 3 m sehingga total head adalah 9 m dan debit air yang dihasilkan adalah 7,25 m³/hari. Pompa akan digerakkan dengan turbin angin sudu jamak 18 sudu, diameter rotor 2 m dan ketinggian tower turbin 6 m.

Sistem ini terdiri dari turbin angin dan kelengkapannya yaitu rotor turbin, poros rotor, meknisme engkol, sudu pengarah turbin dan tower turbin angin. Komponen selanjutnya yaitu: sistem perpipaan, rumah pompa, dan pompa piston. Pompa piston umumnya terdiri dari beberapa komponen utama yaitu: silinder, piston, seal piston, katup piston, batang piston, katup bawah, tutup atas, tutup bawah dan penahan katup bawah.



Gambar 3. Komponen utama, komponen pendukung dan struktur kerja pompa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aliran air rata-rata efektif. Pada kondisi operasi, keluaran air rata-rata pompa air seperti yang ditemukan pada persamaan aliran keluaran air rata-rata (\bar{q}), ini mungkin berbeda karena adanya kebocoran, respon katup yang tertunda,

dan efek gaya inersia. Sehingga bisa didefinisikan, efisiensi volumetrik pompa ($\eta_{volumetrik}$) sebagai perbandingan antara aliran keluaran air rata-rata efektif ($\bar{q}_{efektif}$) dengan keluaran air rata-rata (\bar{q}). [5]

Aliran air rata-rata efektif $\bar{q}_{efektif}$ (liter/detik). Untuk mendapatkan jumlah aliran air rata-rata maka dapat diketahui dari persamaan:

$$\bar{q}_{efektif} = \eta_{volumetrik} \times \frac{\omega}{(2\pi)} \times s \times A_p = 0,8 \times \frac{2,8}{(2\pi)} \times 127 \times 0,002 = 0,09 \frac{\text{liter}}{\text{detik}} = 7,8 \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Torsi pompa untuk memulai operasi. Pompa piston membutuhkan torsi untuk memulai operasi sama dengan π dikali torsi yang dibutuhkan untuk membuat pompa tetap beroperasi, dapat diketahui dari persamaan:

$$Q_{start} = \pi \times \bar{Q} = \pi \times 3,57 = 11,21 \text{ Nm} [5]$$

Perancangan detail. Dari hasil perancangan detail diketahui dimensi pompa air *Positive Displacement* yang digerakkan Oleh Turbin Angin Sudu Jamak yaitu: diameter silinder pompa 50,8 mm, panjang langkah pompa 127 mm.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini didapatkan hasil rancangan pompa air *positive displacement* yang digerakkan oleh turbin angin sudu jamak dengan aliran air rata-rata efektif adalah 7,8 m³/hari dan torsi untuk memulai operasi adalah 11,21 Nm. Dimensi utama pompa yaitu: diameter silinder 50,80 mm, panjang langkah 127 mm.

REFERENSI

- [1] Meel, Van, Joop., dan Paul Smulders. (1952): Wind pumping A Handbook. Washington, D.C.: The World Bank.
- [2] Dijk, Van, H.J. dan P.D. Goedhart. (1987): Windpump For Irrigation. The Netherlands: Consultancy Services Wind Energi Developing Countries.
- [3] Lysen, E. H. (1983): Introduction to Wind Energi. The Netherlands: Consultancy Services Wind Energi Developing Countries.
- [4] Pahl, G. dan W. Beitz. (2007): Engineering Design A Systematic Approach Third Edition. Berlin: Springer.
- [5] Jongh, de J.A., dan R.P.P. Rijs. (2004): Pump Design. Arrakis.
Sumber dari: <https://arrakis.nl/documents/pumpdesign.pdf>