

Air Embung Sebagai Sumber Energi Alternatif Untuk Pembangkit Listrik

Basuki Winarno
 Teknik Listrik
 Politeknik Negeri Madiun
 Madiun, Indonesia
 basuki@pnm.ac.id

Andhika Putra Widyadharma
 Teknik Komputer Kontrol
 Politeknik Negeri Madiun
 Madiun, Indonesia
 andhika@pnm.ac.id

Abstrak— Air embung merupakan waduk berukuran mikro yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Air embung yang dimaksud pada penelitian ini adalah aliran 2 sungai yang dibendung menjadi sebuah waduk. Penelitian ini memanfaatkan air embung sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga air dengan metode hisap untuk menghasilkan kontinuitas aliran air sesuai debit yang diperlukan sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari. Perancangan pipa pesat menghasilkan debit air sebesar 0,054 m³/detik dengan kontinyu dan menghasilkan daya sebesar 325 watt.

Kata kunci — Air embung; Pipa Pesat; Energi Alternatif; Pembangkit Listrik.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro merupakan pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak. Secara teknis mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu generator, turbin, dan air (sebagai sumber energi). Air yang dapat digunakan seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan dan jumlah debit air. Air embung merupakan waduk berukuran mikro yang dibangun untuk menampung kelebihan air hujan di musim hujan. Air embung yang dimaksud pada penelitian ini adalah aliran 2 sungai yang dibendung menjadi sebuah waduk.

Penelitian ini memanfaatkan air embung sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin pembangkit listrik tenaga air dengan metode hisap untuk menghasilkan kontinuitas aliran air sesuai debit yang diperlukan sehingga dapat dimanfaatkan masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari.

Perancangan pembangkit listrik mikro hidro tenaga air embung diawali dengan menentukan generator, tipe turbin dan mendesain pipa yang digunakan untuk mengalirkan air agar di dapat debit yang kontinyu.

II. PERANCANGAN

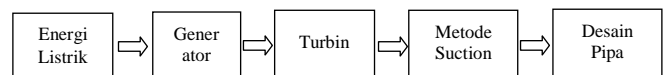
A. Blok Diagram System

Blok diagram sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Energi listrik merupakan energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus

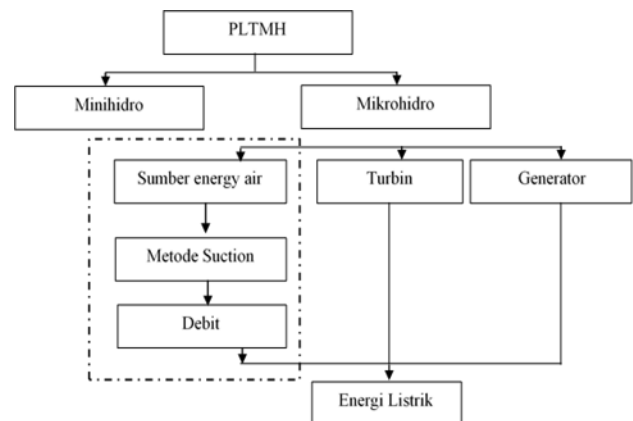
listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan ketentuan kebutuhan konsumsi daya listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu peralatan mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.

- Generator listrik merupakan sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik.
- Turbin merupakan sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, "asembli rotor-blade". Fluida yang bergerak menjadikan baling-baling berputar dan menghasilkan energi untuk menggerakkan rotor.
- Metode suction merupakan metoda yang mengambil prinsip hukum bernoulli yang dipilih untuk menghitung aliran air dengan harapan dapat menghasilkan debit air yang kontinyu



Gambar 1. Diagram Blok

Diagram alir untuk perancangan di tunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan

Sebelum dapat membuat pipa aliran air, yang dibutuhkan pertama kali dalam proses perancangan adalah energy listrik yang akan dihasilkan oleh generator dengan menghitung kebutuhan putaran motor pada generator.

B. Generator

Perancangan pada penelitian ini menggunakan generator yang memiliki kecepatan putar rotor (n) 500rpm dan frekuensi (f) 50Hz. Penentuan jumlah kutub (p) pada rotor menggunakan persamaan (1).

$$f = \frac{p}{2} \times \frac{n}{60} \tag{1}$$

Sehingga,

$$50 = \frac{p}{2} \times \frac{500}{60}$$

$$p = 12$$

Untuk menentukan jarak antar magnet (Tf) dengan panjang magnet (b) menggunakan persamaan (2)

$$Tf = \sin 30^\circ \times b \tag{2}$$

Sehingga,

$$Tf = \frac{1}{2} \times 5$$

$$Tf = 2,5 \text{ cm}$$

Hasil dari nilai jarak antar magnet ini akan digunakan untuk mencari keliling rotor (Kr) dan lebar magnet (b) menggunakan persamaan (3)

$$Kr = (Tf \cdot p) + (a \cdot p)$$

$$Kr = (2,5 \times 12) + (1 \times 12) \tag{3}$$

$$Kr = 45 \text{ cm}$$

Luas area magnet digunakan untuk menentukan luas piringan rotor, sedangkan luas piringan stator menyesuaikan luas rotor. Magnet permanen disusun dengan kutub saling berlawanan. Luas rotor di tentukan berdasarkan radius luar magnet (ro), radius dalam magnet (ri) dan jumlah magnet permanen (Nm) menggunakan persamaan (4)

$$Amagn = \frac{\pi \cdot (r_0^2 - r_1^2) - Tf \cdot (r_0 - r_1) \cdot Nm}{Nm} \tag{4}$$

Sehingga,

$$Amagn = \frac{3,14 \cdot (6,5^2 - 5^2) - 2,5 \cdot (6,5 - 5) \cdot 12}{12}$$

$$Amagn = 0,76375 \text{ cm}^2$$

$$Amagn = 0,000076375 \text{ m}^2$$

Untuk merancang sebuah stator diperlukan densitas fluks dari bahan magnet (Br), tebal magnet (Lm) dan jarak rotor dengan stator (δ) menggunakan persamaan (5)

$$\beta \max = Br \cdot \frac{Im}{Im \cdot \delta} \tag{5}$$

Sehingga,

$$\beta \max = 1,21 \cdot \frac{1}{1 \times 0,2}$$

$$\beta \max = 6 \text{ T}$$

Sedangkan kerapatan fluks magnet menggunakan persamaan (6)

$$\Phi \max = Amagn \cdot \beta \max \tag{6}$$

Sehingga,

$$\Phi \max = 0,000076375 \times 6$$

$$\Phi \max = 0,00045825 \text{ webber}$$

Untuk perancangan stator, perhitungan lilitan di setiap kumparan untuk mendapatkan tegangan induksi yang diinginkan (Erms) dengan jumlah lilitan (N) dan frekuensi (f), menggunakan persamaan (7)

$$Erms = \frac{E \max}{\sqrt{2}} \tag{7}$$

Sehingga,

$$Erms = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} \cdot N \cdot f \cdot \Phi \max \cdot \frac{Ns}{Nph}$$

$$12 = \frac{2 \times 3,14}{\sqrt{2}} \times N \times 50 \times 0,00045825 \times \frac{12}{3}$$

$$N = 29,5 \approx 30$$

Hasil pembuatan generator dengan ukuran kerangka memiliki tinggi 25 cm dan lebar 20 cm. Untuk bearing memiliki diameter luar 3 cm dan diameter dalam 1 cm maka digunakan pula as (sumbu generator) dengan diameter 1 cm yang ditunjukkan pada Gambar 3.



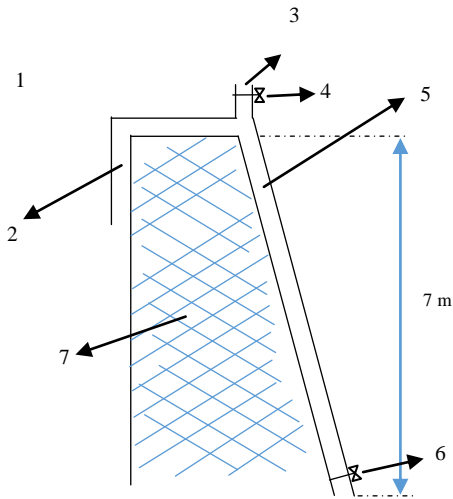
Gambar 3. Generator

C. Turbin

Spesifikasi turbin yang digunakan memiliki sudu 12 dengan lebar sudu 10 cm, panjang sudu 7,2 cm, kedalaman mangkok 2 cm dan jarak antar sudu 3,9 cm. Sedangkan dimensi box turbin berukuran panjang 60 cm, lebar 60 cm dengan ketebalan 20 cm. Untuk menghasilkan putaran turbin

sebesar 1000 rpm diperlukan debit air sebesar 54 liter/detik atau 0,054m³/detik. Sedangkan rancangan pipa pesat ditunjukkan pada Gambar 4.

- Permukaan embung yang airnya selalu meluap melewati batas bendungan.
- Pipa yang di masukan ke dalam air embung, sebagai intake untuk aliran air
- Pipa yang digunakan untuk mengisi air agar pipa no 5 terisi penuh
- Kran penutup pada saat pipa no 5 terisi penuh
- Pipa pesat yang digunakan untuk memutar turbin
- Kran penutup untuk menahan air saat pertama kali start
- Tanggul bendungan untuk menahan air embung



Gambar 4. Rancangan Pipa Pesat



Gambar 5. Pengujian Turbin Pelton

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengisian air dilakukan melalui pipa yang ditunjukkan dengan no 3, sedangkan posisi kran no 6 tertutup. Setelah air penuh, kran no 4 ditutup. Pada kondisi tersebut, volume air di pipa no 5 lebih besar dibandingkan dengan volume pipa no 2 dengan batas perhitungan di pipa no 3. Kemudian kran no 6 dibuka, sehingga air mengalir ke bawah. Pada proses ini berlaku hukum Bernoulli sehingga udara antara pipa no 2 dan 5 ikut turun kebawah. Hal tersebut menyebabkan air embung tertarik mengikuti aliran pipa sehingga air mengalir terus

menerus melewati pipa 5. Air yang mengalir secara kontinyu inilah yang digunakan untuk memutar turbin. Perancangan pipa pesat ini dapat menghasilkan debit air secara kontinyu sesuai kebutuhan turbin. Putaran turbin yang dihasilkan saat di aliri air dari pipa pesat ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil pengujian pada perancangan pipa pesat menghasilkan debit air yang di perlukan sebesar 0,054 m³/detik dengan kontinyu.

Pengujian dilakukan di laboratorium Listrik Politeknik Negeri Madiun. Pada saat pengujian menggunakan lampu secara bervariasi sebagai beban yang ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Simbol untuk properti magnet

No	Bola lampu 27 Watt	Konsidi Lampu	Keterangan
1	Bola Lampu 1	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
2	Bola Lampu 2	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
3	Bola Lampu 3	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
4	Bola Lampu 4	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
5	Bola Lampu 5	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
6	Bola Lampu 6	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
7	Bola Lampu 7	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
8	Bola Lampu 8	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
9	Bola Lampu 9	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
10	Bola Lampu 10	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
11	Bola Lampu 11	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Terang
12	Bola Lampu 12	Nyala	Seluruh Lampu Nyala Redup

Daya maksimal yang dapat di supply dari prototype ini sebesar 325 watt. Pengujian dengan beban lampu ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengujian dengan beban lampu

IV. KESIMPULAN

Untuk mendesain pembangkit mikrohidro, diperlukan perancangan pipa pesat dengan mempertimbangkan kapasitas embung. Dalam mendesain dapat dimulai dengan target daya yang diharapkan. Selanjutnya menentukan jenis generator yang sesuai dengan kapasitas dan turbin yang dapat menggerakkan rotor generator tersebut. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa persamaan Bernoulli berlaku pada perancangan pipa pesat, sehingga menghasilkan debit air yang di perlukan sebesar 0,054 m³/detik dan kontinyu. Daya yang dihasilkan dari prototipe ini sebesar 325 watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Civitas Akademika Politeknik Negeri Madiun yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Handy Wibowo, Arifin Daud, dan M. Baitullah Al Amin, 2015, "Kajian Teknis Dan Ekonomi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (Pltmh) Di Sungai Lematang Kota Pagar Alam", *Cantilever*, Vol. 4, No. 1, Oktober 2015, Halaman: 34 - 41, ISSN: 1907-4247 (Print), ISSN: 2477-4863.
- [2] Sri Sukamta , Adhi Kusmantoro, 2013, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur", *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 5 No. 2 Juli – Desember 2013.
- [3] Kurniawati, 2017, "Rancang Bangun Turbin Pelton Dengan Variasi Jumlah Sudu Pada Pump Storage Mikrohidro", Tugas Akhir, Teknik Listrik Politeknik Negeri Madiun
- [4] Roy Hadiyanto & Fauzi bakri, 2013, "Rancang bangun Prototipe Portable Mikro Hidro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow", *Seminar Nasional Fisika*, Universitas Negeri Jakarta, 1 Juni 2013.
- [5] Adia Cahya Purnama, Ridlo hantoro dan Gunawan Nugroho, 2013, "Rancang bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan menggunakan pemandu Arah Aliran", *POMITS*, Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- [6] Emil Mosonyi, "Water Power Development", Volume One, Low-head Power Plants, Akademia Kiado, Budapest, hal 655
- [7] Mujiman dan Budi santosa, 2011, "Pembangkit Listrik Mikrohidro", *Seminar on Electrical, Informatic, and Its education*