

ANALISIS SISTEM PENEREMAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU TIPE VERTIKAL DENGAN KAPASITAS 450 WATT

JAMALUDIN¹, AGUS SULAEMAN², EFRIZAL³, VIRDA HIDAYAT ADI PRASTIYO⁴

^{1,3,4}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang

²Hankuk University of Foreign Studies South Korea
107 Imun-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, South Korea

E-Mail : jamaludin211183@gmail.com, sultanwahyu13@gmail.com, efrizal.arifin@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem pengereman yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga bayu tipe vertikal untuk kapasitas 450 watt. Pembangkit listrik tenaga bayu digunakan untuk membangkitkan energi listrik dengan memanfaatkan energi angin. Pada pembangkit listrik tenaga angin sistem pengereman berfungsi untuk mengurangi kecepatan hingga menghentikan putaran baling-baling. Tujuannya agar pembangkit listrik tetap bekerja pada titik aman pada saat terjadi angin yang sangat kencang. Sistem pengereman pada pembangkit listrik tipe vertikal ini menggunakan tipe rem tromol. Hasil penelitian ini menunjukkan berapa gaya yang bekerja pada setiap sepatu rem serta berapa waktu yang diperlukan dan gaya yang diperlukan untuk melakukan pengereman pada setiap kecepatan angin yang berbeda-beda. Gaya yang bekerja pada sepatu rem 1 terhadap O1 sebesar 1.013 N, gaya yang bekerja pada sepatu rem 2 terhadap O2 sebesar 1.094 N. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pengereman pada kecepatan angin 6,1 m/s adalah 0,9 detik dengan gaya pengereman sebesar 54,194 N.

Kata Kunci : Listrik; Tenaga Angin; Sistem Pengerema; Gaya Rem.

ABSTRACT

This study aims to determine the braking system used in a vertical type wind power plant for a capacity of 450 watts. Wind power plants are used to generate electrical energy by utilizing wind energy. In wind power plants, the braking system serves to reduce the speed to stop the rotation of the propeller. The goal is that the power plant continues to work at a safe point in the event of a very strong wind. The braking system in this vertical type power plant uses a drum brake type. The results of this study indicate how much force acts on each brake shoe and how much time is needed and the force required to brake at each different wind speed. The force acting on brake shoe 1 against O1 is 1.013 N, the force acting on brake shoe 2 against O2 is 1.094 N. The time required to brake at a wind speed of 6.1 m/s is 0.9 seconds with a braking force of 54,194 N.

Keywords: Electricity; Wind Power; Braking System; Brake Force.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di dunia pada umumnya dan di Indonesia khususnya terus meningkat karena pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan pola konsumsi energi itu sendiri yang senantiasa meningkat. Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediannya sangat terbatas dan terus menipis. Mengingat hal tersebut diperlukan sumber daya terbaru yang keberadaannya tidak terbatas, untuk mendapatkan kondisi ini diperlukan langkah strategis yang dapat menunjang penyediaan energi listrik secara optimal dan terjangkau.

Salah satu sumber energi terbarukan yang berpeluang untuk digunakan sebagai alternatif adalah energi angin (atau energi bayu). Angin sebagai sumber energi atau sebagai penggerak, sebenarnya telah lama dimanfaatkan manusia, misalnya digunakan sebagai penggerak kapal-kapal atau perahu-perahu layar, penggerak kincir-kincir yang selanjutnya digunakan untuk memutar alat-alat penggiling gandum atau sebagai penggerak pompa air. Selain dapat diperoleh dengan cuma-cuma, sumber energi jenis ini termasuk sumber energi yang ramah lingkungan.

Untuk menghasilkan listrik dari tenaga angin diperlukan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

(PLTB). Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) adalah suatu sistem yang membutuhkan angin sebagai sumber yang akan dikonversikan menjadi energi listrik. Konsep sederhana PLTB adalah angin sebagai sumber untuk memutar kincir yang tersambung dengan generator, dimana generator tersebut lilitan tembaga sehingga terjadinya GGL (Gaya Gerak Listrik). Setelah menghasilkan listrik, aliran listrik tersebut disimpan melalui baterai agar dapat digunakan ke beban.

Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ini diperlukan suatu Brake System atau Sistem Pengereman yang berfungsi untuk menjaga putaran poros agar berada pada titik aman saat terdapat angin yang sangat besar. Oleh karena itu tujuan penelitian ini yaitu untuk Menganalisis Sistem Pengereman Pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Tipe Vertikal.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini di mulai pada tanggal 25 Mei 2020 sampai 30 September 2020. Bertempat di bengkel di kampung guha rt/rw 003/002 desa Lembangsari kecamatan Rajeg kabupaten Tangerang Banten.

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam proses penelitian pada pembangkit listrik tenaga bayu tipe vertikal diantaranya :

1. Studi Lapangan

Mempelajari turbin dan mekanismenya, untuk merancang alat turbin angin ini terlebih dahulu dilakukan pengamatan dan pembelajaran dari turbin angin yang sudah ada untuk pencarian data.

2. Metode interview

Metode interview, yaitu suatu metode pengumpulan data dimana penulis mengadakan wawancara secara langsung dengan narasumber yang berkepeten dibidang ini.

3. Studi Literatur

Mempelajari literatur yang membantu dan mendukung proses manufaktur dan perakitan (assembling) turbin angin, mempelajari dasar rancangan elemen mesin, langkah-langkah kinerja dari turbin angin, dan literatur lain yang mendukung.

4. Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan dan dilihat dari percobaan tentang turbin angin yang sudah ada, maka dapat direncanakan elemen-elemen dari perancangan pembuatan turbin. Perencanaan dan perancang adalah langkah awal dari pembuatan turbin

angin ini harus dilakukan dengan benar agar turbin angin yang dibuat dapat bekerja secara maksimal.

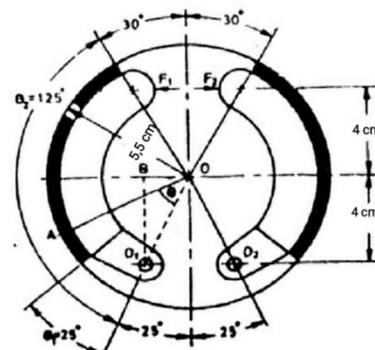
5. Pengujian Alat

Setelah alat sudah terbentuk semua maka harus dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah alat dapat berfungsi secara maksimal atau tidak. Pengujian alat juga dilakukan untuk mendapatkan data-data sesuai dengan fokus masalah.

Pada pengujian kali ini data-data yang akan diamati adalah parameter kecepatan angin yang akan diukur dengan menggunakan anemometer, putaran poros turbin yang diukur dengan menggunakan tachometer, dan mengukur besarnya gaya pengereman yang diperlukan untuk mengerem putaran poros pada turbin angin.

Data yang diperoleh nantinya akan digunakan untuk menghitung torsi, putaran poros, dan gaya pengereman yang bekerja pada turbin angin, kemudian diolah didalam rumus dan ditampilkan dalam bentuk grafik.

6. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 1. Pengukuran Komponen Rem

Bahan lapisan rem menggunakan jenis kayu memiliki nilai koefisien gesek (μ) = 0,4 dan tekanan permukaannya (P_1) = 0,4 N/mm². Perhitungan yang digunakan untuk mencari besarnya torsi pengereman pada sepatu rem. Torsi Pengereman untuk satu sepatu rem.

$$TB = \mu \times P_1 \times b \times r^2 (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

$$TB = 0,4 \times 0,4 \times 23 \times (55)^2 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ)$$

$$TB = 113.664(1,47)$$

$$TB = 16.364 \text{ N/mm}^2$$

Torsi Pengereman untuk dua sepatu rem

$$TB \text{ Total} = 2 TB$$

$$TB \text{ Total} = 2 \times 16.464,04 = 32.728 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan diatas nilai torsi yang bekerja untuk satu sepatu rem sebesar 16.364 N/mm² dan nilai torsi untuk dua sepatu rem sebesar 32.728 N/mm². Untuk mencari gaya pengereman pada sepatu rem, harus mencari momen normal dan momen geseknya terlebih dahulu.

$$OO_1 = \frac{O_1B}{\cos 25^\circ} = \frac{80}{0,9063} = 88,27 \text{ mm}$$

$$\theta_1 = 25^\circ = 25 \times \frac{\pi}{180} = 0,436 \text{ rad}$$

$$\theta_2 = 125^\circ = 125 \times \frac{\pi}{180} = 2,18 \text{ rad}$$

Momen Normal pada rem tromol

$$M_n = \frac{1}{2} P_1 \times b \times r \times OO_1 [(\theta_2 - \theta_1) + \frac{1}{2} (\sin 2\theta_1 - 2\theta_2)]$$

$$= \frac{1}{2} 0,4 \times 23 \times 55 \times 88,27 [(2,18 - 0,436) + \frac{1}{2} (\sin 50^\circ - \sin 250^\circ)]$$

$$= 22.332 [1,744 + \frac{1}{2} (0,766 + 0,9396)]$$

$$= 22.332 [2,596]$$

$$= 57.973 \text{ N-mm}$$

Momen Gesek pada rem tromol

$$M_F = \mu \times p_1 \times b \times r [r (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) + \frac{OO_1}{4} (\cos 2\theta_2 - \cos 2\theta_1)]$$

$$= 0,4 \times 0,4 \times 23 \times 55 [55 (\cos 25^\circ - \cos 125^\circ) + \frac{88,27}{4} (\cos 250^\circ - \cos 50^\circ)]$$

$$M_F = 202 (11,191) + 22,06(-0,342 - 0,6427)$$

$$M_F = 2.260,58 - 21,72$$

$$M_F = 2.238 \text{ N-mm}$$

Gaya F₁ (*leading shoe*) terhadap O₁

$$F_1 \times L = M_N - M_F$$

$$F_1 \times 55 = 57.973 - 2.238$$

$$F_1 = 1.013 \text{ N}$$

Gaya F₂ (*trailing shoe*) terhadap O₂

$$F_2 \times L = M_N + M_F$$

$$F_2 \times 55 = 57.973 + 2.238$$

$$F_2 = 1.094 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas gaya F₁ yang bekerja terhadap O₁ adalah 1.013 N dan gaya F₂ yang bekerja terhadap O₂ adalah 1.094 N.

Perhitungan Gaya dan Waktu Yang Diperlukan Untuk Melakukan Pengereman

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Blade (rpm)	T (s)
3.3	63.3	0.6
4.5	85.9	0.7
5.2	99.3	0.8
6.1	116.5	0.9

Pada

Pada saat pengujian didapatkan kecepatan angin 4,5 m/s menghasilkan putaran blade 85,9 dan waktu pengereman 0.7 detik. Dibawah ini adalah rumus yang digunakan untuk mencari gaya pengereman pada turbin angin.

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \cdot S$$

$$F = \frac{\frac{1}{2} M \times V^2}{S}$$

Langkah yang pertama harus mengubah dulu kecepatan putaran blade dari rpm ke m/s dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{n \times 2 \times \pi \times r}{60}$$

Pada Kecepatan Angin 4,5 m/s dengan putaran blade 85,9 rpm dan jari-jari turbin angin adalah 0,4 m maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\frac{85,9 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{60} = 3,59 \text{ m/s}$$

Untuk mencari gaya, kita harus mengetahui terlebih dahulu jarak pengereman. Rumus untuk mencari jarak pengereman adalah

$$S = V_o \times t + \frac{1}{2} a \times t^2$$

Untuk mencari jarak pengereman, nilai a harus dicari terlebih dahulu dengan persamaan

$$V_t = V_o + a \times t$$

$$0 = 3,59 + a \times 0,7$$

$$-0,7a = 3,59$$

$$a = \frac{3,59}{-0,7}$$

$$a = -5,12 \text{ m/s}$$

hasilnya negatif dikarenakan turbin angin mengalami perlambatan saat dilakukan pengereman

Setelah mendapatkan nilai a maka nilai S dapat dicari

$$S = 3,59 \times 0,7 + \frac{1}{2} \times (-5,12) \times 0,7^2$$

$$= 2,51 - 1,25$$

$$S = 1,26 \text{ m}$$

Gaya pengereman pada kecepatan angin 4,5 m/s

Masa Turbin Angin = 10 Kg

Kecepatan Turbin Angin = 3,59 m/s

Jarak Pengereman = 1,26 m

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \times S$$

$$\frac{1}{2} 10 \times 3,59^2 = F \times 1,26$$

$$64,44 = F \times 1,26$$

$$F = \frac{64,44}{1,26}$$

$$F = 51,14 \text{ N}$$

Pada saat pengujian didapatkan kecepatan angin 5,2 m/s menghasilkan putaran blade 99,3 dan waktu pengereman 0.8 detik. Dibawah ini adalah rumus yang digunakan untuk mencari gaya pengereman pada turbin angin.

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \cdot S$$

$$F = \frac{\frac{1}{2} M \times V^2}{S}$$

Langkah yang pertama harus mengubah dulu kecepatan putaran blade dari rpm ke m/s dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{n \times 2 \times \pi \times r}{60}$$

Pada Kecepatan Angin 5,2 m/s dengan putaran blade 99,3 rpm dan jari-jari turbin angin adalah 0,4 m maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\frac{99,3 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{60} = 4,15 \text{ m/s}$$

Untuk mencari gaya, kita harus mengetahui terlebih dahulu jarak pengereman. Rumus untuk mencari jarak pengereman adalah

$$S = V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

Untuk mencari jarak pengereman, nilai a harus dicari terlebih dahulu dengan persamaan

$$V_t = V_0 + a \times t$$

$$0 = 4,15 + a \times 0,8$$

$$-0,8a = 4,15$$

$$a = \frac{4,15}{-0,8}$$

$$a = -5,18 \text{ m/s}$$

hasilnya negatif dikarenakan turbin angin mengalami perlambatan saat dilakukan pengereman. Setelah mendapatkan nilai a maka nilai S dapat dicari

$$S = 4,15 \times 0,8 + \frac{1}{2} \times (-5,18) \times 0,8^2$$

$$= 3,32 - 1,65$$

$$S = 1,67 \text{ m}$$

Gaya pengereman pada kecepatan angin 5,2 m/s. Masa Turbin Angin = 10 Kg. Kecepatan Turbin Angin = 4,15 m/s . Jarak Pengereman = 1,67 m.

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \times S$$

$$\frac{1}{2} 10 \times 4,15^2 = F \times 1,67$$

$$86,11 = F \times 1,67$$

$$F = \frac{86,11}{1,67}$$

$$F = 51,56 \text{ N}$$

Pada saat pengujian didapatkan kecepatan angin 6.1 m/s menghasilkan putaran blade 116.5 dan waktu pengereman 0.9 detik. Dibawah ini adalah rumus yang digunakan untuk mencari gaya pengereman pada turbin angin.

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \cdot S$$

$$F = \frac{\frac{1}{2} M \times V^2}{S}$$

Langkah yang pertama harus mengubah dulu kecepatan putaran blade dari rpm ke m/s dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\frac{n \times 2 \times \pi \times r}{60}$$

Pada Kecepatan Angin 6,1 m/s dengan putaran blade 116,7 rpm dan jari-jari turbin angin adalah 0,4 m maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\frac{116,5 \times 2 \times 3,14 \times 0,4}{60} = 4,877 \text{ m/s}$$

Untuk mencari gaya, kita harus mengetahui terlebih dahulu jarak pengereman. Rumus untuk mencari jarak pengereman adalah

$$S = V_0 \times t + \frac{1}{2} \times a \times t^2$$

Untuk mencari jarak pengereman, nilai a harus dicari terlebih dahulu dengan persamaan

$$V_t = V_0 + a \times t$$

$$0 = 4,877 + a \times 0,9$$

$$-0,9a = 4,877$$

$$a = \frac{4,877}{-0,9}$$

$$a = -5,418 \text{ m/s}$$

hasilnya negatif dikarenakan turbin angin mengalami perlambatan saat dilakukan pengereman

Setelah mendapatkan nilai a maka nilai S dapat dicari

$$S = 4,877 \times 0,9 + \frac{1}{2} \times (-5,418) \times 0,9^2$$

$$= 4,389 - 2,194$$

$$S = 2,194 \text{ m}$$

Gaya pengereman pada kecepatan angin 6,1 m/s. Masa turbin angin = 10 Kg. Kecepatan turbin angin = 4,877 m/s. Jarak Pengereman = 2,195 m

$$\frac{1}{2} M \times V^2 = F \times S$$

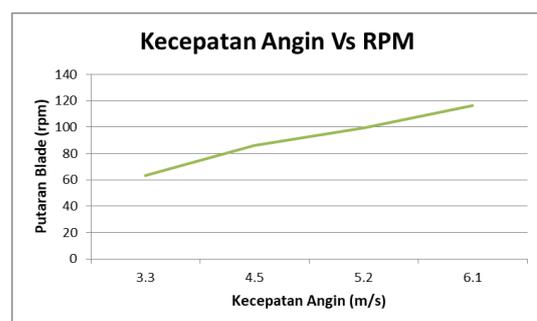
$$\frac{1}{2} 10 \times 4,877^2 = F \times 2,195$$

$$118,92 = F \times 2,195$$

$$F = \frac{118,92}{2,195}$$

$$F = 54,194 \text{ N}$$

Grafik Hasil Pengujian



Gambar 2. Hubungan Kecepatan Angin Dan Putaran Blade

Dari Gambar 2, maka dapat dilihat bahwa setiap kecepatan angin yang berbeda-beda akan menghasilkan putaran *blade* yang berbeda juga. Pada kecepatan angin 3,3 m/s menghasilkan putaran *blade* sebesar 63,3 rpm, pada kecepatan angin 4,5 m/s menghasilkan putaran *blade* sebesar 85,9 rpm, Pada kecepatan angin 5,2 m/s menghasilkan putaran *blade* sebesar 99,3 rpm, Pada kecepatan angin 6,1 m/s menghasilkan putaran *blade* sebesar 116,5 rpm. Semakin besar nilai kecepatan angin maka semakin besar pula nilai putaran *blade* yang dihasilkan.



Gambar 3. Hubungan Kecepatan Angin Dan Waktu Pengereman

Dari Gambar 3, maka dapat dilihat bahwa setiap kecepatan angin yang berbeda memerlukan waktu pengereman yang berbeda juga. Pada kecepatan angin 3,3 m/s memerlukan waktu pengereman 0,6 detik, Pada kecepatan angin 4,5 m/s memerlukan waktu pengereman 0,7 detik, Pada kecepatan angin 5,2 m/s memerlukan waktu pengereman 0,8 detik, Pada kecepatan angin 6,1 m/s memerlukan waktu pengereman 0,9 detik, Semakin cepat kecepatan angin maka semakin lama juga waktu yang diperlukan untuk melakukan pengereman.



Gambar 4. Hubungan Kecepatan Angin Dan Waktu Pengereman

Dari Gambar 4, maka dapat dilihat bahwa setiap kecepatan angin yang berbeda memerlukan gaya pengereman yang berbeda juga. Pada kecepatan angin 3,3 m/s memerlukan gaya pengereman 44,169 N, Pada kecepatan angin 4,5 m/s memerlukan gaya pengereman 51,376 N, Pada kecepatan angin 5,2 m/s

memerlukan gaya pengereman 51,976 N, Pada kecepatan angin 6,1 m/s memerlukan gaya pengereman 54,194 N, Semakin cepat kecepatan angin maka semakin besar juga gaya yang diperlukan untuk melakukan pengereman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pengereman digunakan untuk mengurangi kecepatan hingga menghentikan putaran *blade*. Pada pembangkit listrik tenaga bayu tipe vertikal ini menggunakan sistem rem *drum* (tromol) dengan gaya F_1 (*leading shoe*) terhadap O_1 sebesar 1.013 N dan gaya F_2 (*trailing shoe*) terhadap O_2 sebesar 1.094 N.
2. Pada saat kecepatan angin 3,3 m/s menghasilkan putaran *blade* 63,3 rpm memerlukan waktu pengereman 0,6 detik dengan gaya 44,169 N, Pada saat kecepatan angin 4,5 m/s menghasilkan putaran *blade* 85,9 rpm memerlukan waktu pengereman 0,7 detik dengan gaya 51,376 N, Pada saat kecepatan angin 5,2 m/s menghasilkan putaran *blade* 99,3 rpm memerlukan waktu pengereman 0,8 detik dengan gaya 51,967 N, Pada saat kecepatan angin 6,1 m/s menghasilkan putaran *blade* 116,5 rpm memerlukan waktu pengereman 0,9 detik dengan gaya 54,194 N. Semakin bertambahnya kecepatan angin, putaran *blade* akan semakin cepat maka semakin lama waktu yang diperlukan untuk melakukan pengereman dengan gaya yang berbeda-beda.

DAFTAR PUSTAKA

- Khurmi, R. S dan Gupta, J.K (1980). *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Manual Book Isuzu*. Jakarta: PT Astra International Tbk.
- Pudjanarsa, A. (2014). *Mesin Konversi Energi Jilid 3*. Yogyakarta: Andi.
- Shigley Joseph E, dan Mitchel, Larry. (1991). *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama.
- Sularso dan Kiyokatso, Suga. (2002). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Triyani. (2017). *Energi Terbarukan - Tenaga Angin*. Jakarta: PT Perca.
- Wagino, Angga Bahri Pratama, Donny Fernandez. (2016). *Pengaruh Penggunaan Kampas Rem Beralur Terhadap Jarak Pengereman Dan*

*Temperatur Rem Tromol Pada Sepeda Motor
Fit S. Universitas Negeri Padang.*

Yulianto. (2005). Perbaikan Sistem Rem. *Direktorat
Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.*