

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini menjelaskan tentang langkah-langkah dalam menganalisis PLTMHT secara teoritis, hasil simulasi, hasil uji mekanik dan hasil pengujian experimental dilapangan serta catatan hasil revisi-revisi selama proses perancangan sampai dengan hasil pengujian.

5.1. Analisis pra desain perancangan PLTMHT

5.1.1 Data pendukung yang digunakan dalam mendesain PLTMHT

1. Spesifikasi Generator

Daya generator	: 500 W
Tegangan	: 12/24/48 Volt AC
Putaran	: 600 rpm
Torsi start	: 0.42 Nm
Poros kincir	: 250 mm
Berat	: 6.10 kg

2. Variabel penelitian

a. Variasi jumlah sudu

Variasi jumlah sudu yang terlebih dahulu ditentukan yaitu 10 sudu dan 12 sudu, dengan sudut sudu 19^0 model sudu adalah sudu lengkung seperempat pipa 30 cm di bagi 4 dengan model kincir tipe undershot

b. Kecepatan aliran air

Kincir rencananya beroperasi pada aliran air antara: 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.5 m/s, 3.0 m/s. Kecepatan rata-rata aliran air adalah 1.75 m/s

c. Kincir yang tercelup kedalam air

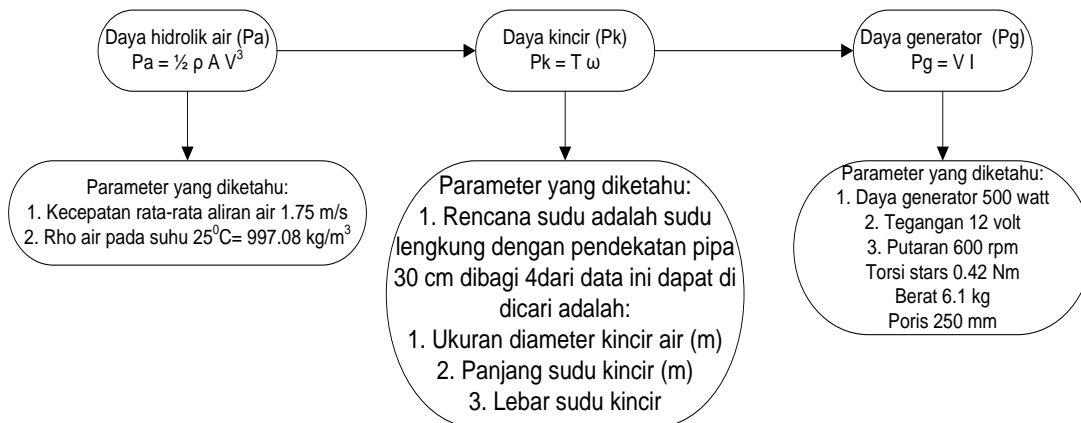
Kincir yang tercelup kedalam air direncanakan antara 15-20 cm, dengan pertimbangan sebagai berikut:

- ❖ Sesuai dengan ketersediaan aliran air pada saluran irigasi yaitu pada kecepatan air 0.5 kedalaman airnya adalah 10-15 cm.
- ❖ Sedangkan pada kecepatan 3.0 m/s kedalaman airnya diatas 20 cm
- ❖ Sehingga kincir dapat beroperasi pada kedua kondisi tersebut

- d. Kincir direncanakan beroperasi pada aliran lowspeed
- ❖ Rencana putaran kincir ditetapkan berdasarkan kecepatan aliran rata-rata air yaitu 1.75 m/s.
 - ❖ Dengan pertimbangan bahwa kincir didesain untuk beroperasi pada aliran low speed (aliran low speed antara 2-12 rpm, menurut Friet Dietzel 1997)
 - ❖ Sehingga perlu ditetapkan terlebih dahulu bahwa putaran kincir beroperasi pada aliran low speed
- e. Sistem transmisi
- Sistem transmisi menggunakan gearbok inkripsi rasio 1:10
- ❖ Dengan pertimbangan bahwa rasio perbandingan mengacu pada putaran kincir yang direncanakan dan putaran dari genertor yang direncanakan, agar diperoleh sistem transmisi yang proposional.

5.1.2 Konsep perancangan PLTMHT

Konsep perancangan PLTMHT dapat dilihat pada gambar diagram alir dibawah ini.



Gambar 5.1 Diagram alir konsep perancangan PLTMHT

Dasar pemikiran dalam konsep diatas adalah bagaimana caranya merancang sebuah kincir dengan daya 450 W dengan menggunakan tenaga penggerak aliran air. Asumsinya adalah daya hidrolik air (P_a) = daya mekanik poros kincir (P_k) = daya yang direncanakan (P_c). Artinya jika $P_c = 450$ W maka (P_a) dan P_k juga harus 450 watt.

5.1.3 Analisis data pendukung (analisis pra desain PLTMHT)

Dari dasar pemikiran tentang konsep perancangan diatas maka dapat dicari diameter kincir yang ideal, dengan terlebih dahulu mencari ukuran panjang, lebar dan luas penampang sudu kincir, Jika daya air adalah P_a (Sumber: Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi. 2013)

1. Daya hidrolik air

$$P_a = 0.5 \times \rho \times A \times V^3$$

Maka kita dapat mencari luas penampang sudu kincir yang direncanakan yaitu luas penampang sudu (A) = lebar sudu (b) x panjang sudu (h)

Jika diketahui

$$P_a = 450 \text{ watt}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = 1.75 \text{ m/s}$$

$$\rho_{\text{air}} = 997.04 \text{ kg/m}^3 \text{ pada suhu kamar } 25^\circ\text{C.}$$

Sumber: (Buku mekanika fluida jilid 2)

2. Panjang sudu

Rencana model sudu adalah pipa 30 cm dibagi 4 sehingga lebar sudu yang direncanakan (b) adalah 21.21 cm, nilai ini didapat dari uraian pipa 30 cm dibagi 4 panjang sudu (h) 0.79. meter.

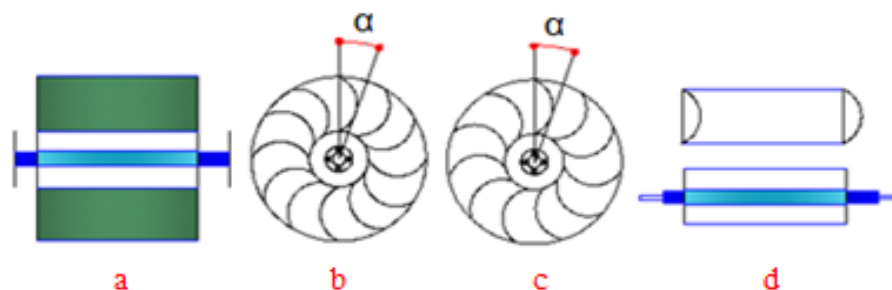
3. Kecepatan keliling kincir

Jika kecepatan rata-rata aliran air yang akan menerpa sudu kincir 1.75 m/s, maka kecepatan keliling kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.8 adalah 0.827 m/s

4. Diameter kincir

Sehingga diameter kincir yang akan didesain dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.11. diperoleh diameter kincir 0.790 meter

Model kincir air hasil analisis pra desain dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 5.2 a. model kincir tampak depan, b. model kincir 10 sudu tampak samping, c. model kincir 12 sudu tampak samping, d. model sudu lengkung menggunakan $\frac{1}{4}$ pipa tampak depan.

5.2. Analisis daya mekanik kincir air hasil simulasi

Analisis kincir air dengan menggunakan CFD dilakukan adalah untuk mengetahui hasil tumbukan antara aliran air dan sudu kincir, hasil tumbukan ini menimbulkan gaya yang nantinya akan digunakan untuk menghitung besarnya torsi hingga didapatkan daya mekanik turbin. Dari daya analisa turbin menggunakan CFD akan dibandingkan dengan perhitungan secara matematis hasil perancangan.

Dalam simulasi ansys cfx parameter yang dihasilkan dalam simulasi adalah force dan torque. Sehingga dari torsi yang dihasilkan dapat dihitung besarnya daya mekanik kincir (watt)

Besarnya daya yang dihasilkan oleh kincir merupakan energi poros yang diperoleh kincir dari hasil perkalian torsi dengan kecepatan sudut, sedangkan nilai ω diperoleh dari persamaan kecepatan linear air $\omega = V/R$, jika R dan V diketahui maka nilai ω juga dapat diperoleh.

1. Analisis daya mekanik kincir 10 sudu

Kecepatan air (m/s)	Putaran kincir (Rad./s)	Torsi (Nm)	Daya (watt)
0.5	0.77	5.14	3.95
1.0	1.54	18.58	28.58
1.5	2.31	36.00	83.07
2.0	3.08	61.33	188.69
2.5	3.85	75.17	289.09
3.0	4.62	81.00	373.83

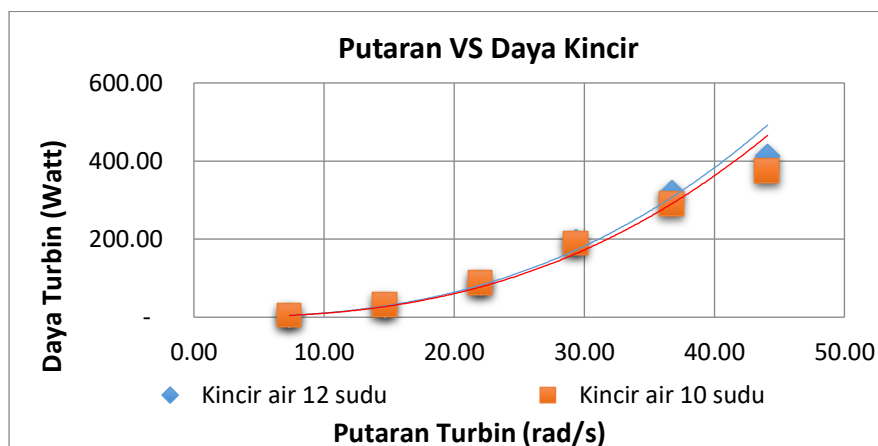
Tabel 5.1 Daya kincir air 10 sudu hasil simulasi

2. Analisis daya mekanik kincir 12 sudu

Kecepatan air (m/s)	Putaran kincir (Rad)	Torsi (Nm)	Daya (watt)
0.5	0.77	5.82	4.48
1.0	1.54	19.38	29.81
1.5	2.31	37.99	87.67
2.0	3.08	63.22	194.52
2.5	3.85	82.99	319.18
3.0	4.62	89.40	412.60

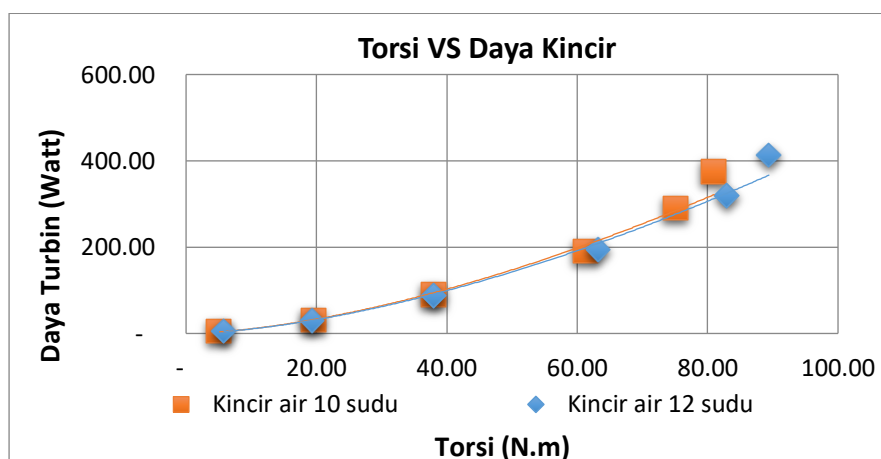
Tabel 5.2. Daya kincir air 12 sudu hasil simulasi

3. Hubungan putaran vs daya kincir



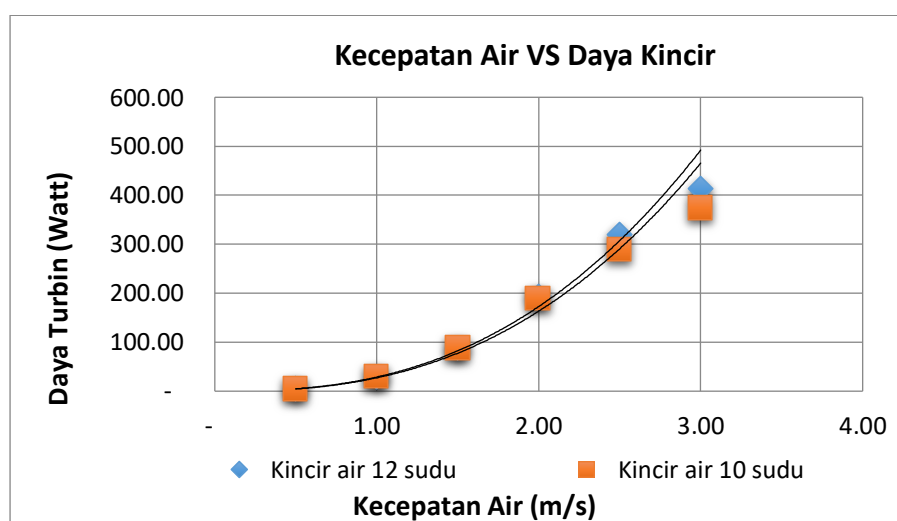
Gambar 5.3. Kurva hubungan putaran vs daya kincir hasil simulasi

4. Hubungan torsi vs daya kincir



Gambar 5.4. Kurva hubungan torsi vs daya kincir hasil simulasi

5. Hubungan kecepatan air vs daya kincir



Gambar 5.5. Kurva hubungan kecepatan aliran air vs daya kincir hasil simulasi

Dari gambar 5.3-5.5 diatas dapat dikatakan bahwa kecepatan aliran air yang mengalir menumbuk sudu kincir berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan, semakin cepat kecepatan aliran air maka semakin cepat pula putaran kincir air dan putaran generatornya. Sehingga daya kincir dan kecepatan putaran kincir (rpm) dipengaruhi oleh kecepatan aliran air (V), kecepatan aliran air berbanding lurus dengan debit air.

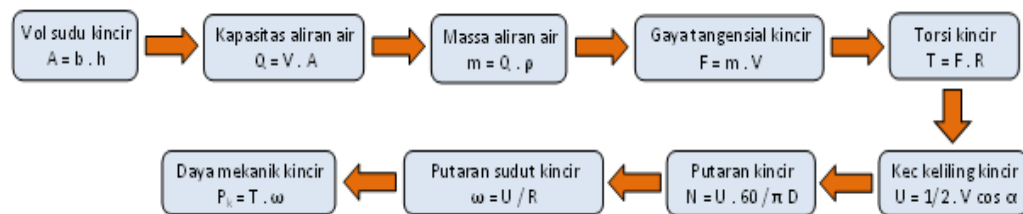
Daya mekanik kincir (Daya poros kincir) adalah daya yang dihasilkan oleh putaran kincir air akibat adanya tumbukan antara aliran air dengan sudu kincir atau hasil perkalian antara torsi dengan kecepatan sudut kincir. Besar kecilnya daya mekanik yang dihasilkan oleh kincir air tergantung pada kecepatan aliran air, luas penampang, dan putaran kincir

5.3. Analisis daya mekanik kincir air hasil perancangan

PLTMHA beroperasi dengan memanfaatkan aliran air sungai atau irigasi yang mengalir, aliran air tersebut menumbuk sudu kincir, sehingga kincir berputar, putaran kincir di teruskan oleh sistem tranmisi menggunakan gearbok inkripsi dengan rasio perbandingan putaran 1:10 untuk menggerakan generator magnet permanent

5.3.1 Diagram alir analisis daya mekanik kncir air

Proses analisis daya daya kincir hasil perancangan dapat dilihat pada gambar diagram 5.10 dibawah ini.



Gambar 5.6 Diagram alir analisis daya mekanik kincir

5.3.2 Analisis daya mekanik kincir air 10 sudu

1. Spesifikasi kincir air 10 sudu

Spesifikasi kincir air 10 sudu sebagai berikut:

- Diameter kincir : 65 cm
- Jari-jari kincir : 18 cm
- Lebar sudu (b) : 21.21 cm
- Panjang sudu (h) : 60 cm
- Jumlah sudu : 10 Blade
- Sistem transmisi : 1:10

2. Volume sudu kincir

Rencana model sudu adalah pipa 30 cm dibagi 4 sehingga lebar sudu yang direncanakan (b) adalah 21.21 cm, nilai ini didapat dari uraian pipa 30 cm dibagi 4 (lihat gambar 2.8. pada hal 10)

$$\text{Lebar sudu (b)} = \sqrt{15^2 + 15^2} = 21.2 \text{ cm} = 0.212 \text{ m}$$

$$\text{Luas segi tiga} = 0.5 \cdot \text{alas} \cdot \text{tinggi} = 0.5 \times 0.15 \times 0.15 = 0.01125 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas } 1/4 \text{ lingkaran} = 1/4 \cdot \pi \cdot R^2 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.15^2 = 0.0353 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang sudu (L)} = \text{luas } 1/4 \text{ lingkaran} - \text{luas segi tiga}$$

$$\text{Luas penampang sudu (L)} = 0.0353 - 0.01125 = 0.0241 \text{ m}^2$$

Sebelum menghitung volume sudu, kita terlebih dahulu menghitung sudu aktif yang terkena aliran air. Jumlah sudu aktif pada kincir 10 sudu dalam satu putaran penuh dengan putaran kincir yang direncanakan adalah 2-12 rpm dan jari-jari sudu 4 cm. Sehingga jumlah sudu aktif kincir 10 sudu (i) adalah

$$i \text{ 10 sudu} = \left[\frac{N \text{ (dalam rps)}}{60} \right] \cdot Z = \frac{12}{60} \times 10 = 2.0 \text{ buah}$$

$$\text{Volume sudu (V}_s) = L \times h$$

$$\text{Volume sudu (V}_s) = 0.0241 \times 0.6 = 0.01446 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume sudu kincir V}_{s10} = \text{Volume sudu (V}_s) \times \text{jumlah sudu aktif (i)}$$

$$\text{Volume sudu kincir V}_{s10} = 0.01446 \times 2.0 = 0.02892 \text{ m}^3$$

3. Debit aliran air (Q) kincir air 10 sudu

Dengan menggunakan persamaan 2.4 maka debit aliran air yang menumbuk sudu kincir adalah sebagai berikut

Kecepatan aliran air (m/s)	Kapasitas aliran air (m ³ /s)
0.5	0.014
1.0	0.029
1.5	0.043
2.0	0.058
2.5	0.072
3.0	0.087

Tabel 5.3 Debit aliran air kincir air 10 sudu

4. Massa aliran air (m) kincir air 10 sudu

Massa aliran air yang menerpa sudu kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 massa aliran air didapatkan sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Massa aliran air (kg/s)
0.5	14.42
1.0	28.83
1.5	43.25
2.0	57.67
2.5	72.09
3.0	86.50

Tabel 5. 4. Massa aliran air kincir air 10 sudu

5. Gaya tangensial (F) kincir air 10 sudu

Dengan menggunakan persamaan 2.14, gaya tangensial kincir air dapat dihitung berikut gaya tangensial kincir air hasil perhitungan:

Kecepatan aliran air (m/s)	Gaya tangensial kincir air (Nm)
0.5	7.21
1.0	28.83
1.5	64.83
2.0	115.34
2.5	180.21
3.0	259.51

Tabel 5.5. Gaya tangensial kincir air 10 sudu

6. Torsi (T) kincir air 10 sudu

Besarnya torsi kincir air adalah hasil perkalian antara gaya tangensial dengan panjang lengan kincir (jari-jari) lihat persamaan 2.12 didapatkan nilai dari torsi kincir air sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Torsi kincir air (Nm)
0.5	2.34
1.0	9.37
1.5	21.09
2.0	37.48
2.5	58.57
3.0	84.34

Tabel 5.6. Torsi kincir air 10 sudu

7. Putaran (n) kincir air 10 sudu

Sedangkan putaran kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 didapatkan nilai dari putaran kincir air sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran kincir air (rpm)
0.5	7.35
1.0	14.70
1.5	22.05
2.0	29.40
2.5	36.75
3.0	44.09

Tabel 5.7 Putaran kincir air 10 sudu

8. Putaran sudut kincir air (ω)

Kecepatan putaran sudut kincir (ω) sangat tergantung dari besar kecilnya kecepatan aliran air dan radius kincir dilihat persamaan 2.15 Maka dengan menggunakan persamaan tersebut didapatkan nilai kecepatan putaran sudut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Kecepatan keliling (Rad/s)
0.5	0.77
1.0	1.54
1.5	2.31
2.0	3.08
2.5	3.85
3.0	4.62

Tabel 5.8. Putaran sudut kincir air 10 sudu

9. Daya mekanik kincir air 10 sudu (P_k)

Daya mekanik yang dihasilkan roda kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.17 didapatkan daya mekanik kincir sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Daya mekanik kincir air (watt)
0.5	1.8
1.0	14.42
1.5	48.66
2.0	115.33
2.5	225.26
3.0	389.25

Tabel 5.9. Daya mekanik kincir air 10 sudu

5.3.3 Analisis daya mekanik kincir air 12 sudu

1. Spesifikasi kincir air 12 sudu sebagai berikut:

Diameter kincir : 65 cm
 Jari-jari kincir : 18 cm
 Lebar sudu : 21.21 cm
 Panjang sudu : 60 cm
 Jumlah sudu : 12 Blade

2. Volume sudu kincir air 12 sudu

Jumlah sudu aktif kincir 12 sudu (i) adalah

$$i \text{ 12 sudu} = \left[\frac{N \text{ (dalam rps)}}{60} \right] \cdot Z = \frac{12}{60} \times 12 = 2.4 \text{ buah}$$

$$\text{Volume sudu (V}_S\text{)} = 0.0241 \times 60 = 0.01446 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume sudu kincir 12S} = 0.01446 \times 2.4 = 0.03470 \text{ m}^3$$

3. Debit aliran air (Q) kincir 12 sudu

Dengan menggunakan persamaan 2.4 maka debit aliran air yang menumbuk sudu kincir adalah sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Kapasitas aliran air (m ³ /s)
0.5	0.017
1.0	0.035
1.5	0.052
2.0	0.069
2.5	0.087
3.0	0.104

Tabel 5.10. Debit aliran air kincir 12 sudu

4. Masa aliran air (m) kincir 12 sudu

Massa aliran air yang menerpa sudu kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.5 massa aliran air didapatkan sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Massa aliran air (kg/s)
0.5	17.30
1.0	34.60
1.5	51.90
2.0	69.20
2.5	86.50
3.0	103.80

Tabel 5.11. Massa aliran air kincir 12 sudu

5. Gaya tangensial kincir air 12 sudu

Dengan menggunakan persamaan 2.14, gaya tangensial kincir air dapat dihitung berikut gaya tangensial kincir air hasil perhitungan:

Kecepatan aliran air (m/s)	Gaya tangensial kincir air (N)
0.5	8.65
1.0	34.60
1.5	77.86
2.0	138.41
2.5	216.26
3.0	311.41

Tabel 5.12. Gaya tangensial kincir air 12 sudu

6. Torsi (T) kincir air 12 sudu

Besarnya torsi kincir air adalah hasil perkalian antara gaya tangensial dengan panjang lengan kincir (jari-jari) lihat persamaan 2.12 didapatkan nilai dari torsi kincir air sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Torsi kincir air (Nm)
0.5	2.81
1.0	11.25
1.5	25.30
2.0	44.98
2.5	70.28
3.0	101.21

Tabel 5.13. Torsi kincir air 12 sudu

7. Putaran kincir air 12 sudu

Sedangkan putaran kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.16 didapatkan nilai dari putaran kincir air sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran kincir air (rpm)
0.5	7.35
1.0	14.70
1.5	22.05
2.0	29.40
2.5	36.75
3.0	44.09

Tabel 5.14. Putaran kincir air 12 sudu

8. Putaran sudut kincir air (ω) 12 sudu

Kecepatan putaran sudut kincir (ω) sangat tergantung dari besar kecilnya kecepatan aliran air dan radius kincir dilihat persamaan 2.15 Maka dengan menggunakan persamaan tersebut didapatkan nilai kecepatan putaran sudut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Kecepatan keliling (Rad/s)
0.5	0.77
1.0	1.54
1.5	2.31
2.0	3.08
2.5	3.85
3.0	4.62

Tabel 5.15. Putaran sudut kincir air 12 sudu

9. Daya mekanik kincir air 12 sudu (P_k)

Daya mekanik yang dihasilkan roda kincir dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.17 didapatkan daya mekanik kincir sebagai berikut:

Kecepatan aliran air (m/s)	Daya mekanik kincir air (watt)
0.5	2.16
1.0	17.30
1.5	58.39
2.0	138.40
2.5	270.31
3.0	467.10

Tabel 5.16. Daya mekanik kincir air 12 sudu

5.3.4 Analisis daya yang direncanakan

1. Data shet generator adalah sebagai berikut

Daya generator = 500 watt

Tegangan = 12 volt

Torsi start = 0.42 Nm

Putaran = 600 rpm

2. Daya yang direncanakan adalah:

$$P_d = f_c \cdot P$$

$$P_d = 1.4 \times 500 \text{ Watt} = 700 \text{ Watt}$$

$$P_d = 0.7 \text{ kW}$$

Nilai f_c diambil dari nilai tabel daya yang ditransmisikan (sularso, 1998)

Daya yang ditransmisikan	f_c
Daya rata-rata yang diperlukan	1.2 - 2.0
Daya maksimum yang diperlukan	0.8 - 1.2
Daya normal	1.0 - 1.5

Tabel 5.17. Nilai daya yang ditrasnmisikan

3. Rencana momen puntir poros (T_m)

$$T_m = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_d}{N_i}$$

$$T_m = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0.672}{20}$$

$$T_m = 9.74 \cdot 10^5 \cdot \frac{0.672}{20}$$

$$T_m = 34,090 \text{ kg.mm}$$

Dimana:

T_m adalah momen punter poros (kg.mm)

P_d adalah daya rencana kincir (kW)

N_i dalah rencana putaran kincir (rpm)

4. Spesifikasi bahan poros

Bahan poros dipilih dari batang baja karbon difinis dingin (S45C-D) standart jepang (JIS) yang pada dasarnya sering dipakai untuk poros, bahan tersebut memiliki spesifikasi (Sularso,1998:7) sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan tarik } (\sigma_b) = 81 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Faktor keamanan } (Sf1) = 6.0$$

$$\text{Faktor pengalih alir pasak (Sf}_2) = 1.4$$

5. Tegangan geser yang di ijinakan

Dengan mengetahui spesifikasi dari bahan poros maka dapat dihitung tegangan geser ijin yaitu:

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1 \cdot Sf_2}$$

$$\tau_a = \frac{81}{6.0 \times 1.4} = 9.642 \text{ Kg/mm}^2$$

6. Diameter poros

Diameter poros kincir dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T \right]^{1/3}$$

Dimana:

$K_t = 1.5$ (konstanta beban dikenakan dengan kejutan atau tumbukan)

$C_b = 1.45$ (konstanta pemakaian beban lentur)

$$d_s = \left[\frac{5.1}{9.642} \times 1.5 \times 1.45 \times 34,090 \right]^{1/3}$$

$$d_s = 13.072 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil diatas, maka dapat dipilih ukuran poros 13 mm atau dibulatkan menjadi 14 mm (dipilih sesuai dengan ukuran yang tersedia di pasaran)

5.3.5 Analisis daya hidrolik air

Analisis daya hidrolik air yang mengalir pada saluran irigasi yang melewati celah kedua ponton, pada PLTMH

1. Luas penampang basah saluran air yang mengalir melewati celah kedua ponton

$$A_s = l \cdot p$$

Dimana,

l = lebar aliran air yang menerpa sudu kincir (m)

p = panjang sudu kincir yang diterpa air (m)

$$A_s = l \cdot p = 0.212 \times 0.60 \text{ m} = 0.13 \text{ m}^2$$

2. Daya hidrolik air yang melewati celah kedua ponton

$P_a = 0.5 \times \rho \times A_s \times V^3$ jika V nilainya 0.5 m/s berapakah nilai dari P_a

$$P_a = 0.5 \times 997.04 \times 12.72 \times 0.53 = 7.93 \text{ watt}$$

Kecepatan aliran air (m/s)	Daya hidrolik air (watt)
0.50	7.93
1.00	63.41
1.50	214.01
2.00	507.29
2.50	990.81
3.00	1,712.12

Tabel 5.18. Daya air yang mengalir

5.4. Analisis perancangan ponton

Ponton PLTMHT dibuat dengan menggunakan material dari fiberglas dengan ketebalan dinding ponton 3.0 mm dan menggunakan 3 lapisan fiberglas.

5.4.1. Bahan pembuatan ponton

Ponton dibuat dari fiberglas dengan ketebalan 3 mm, bahan yang digunakan dalam membuat fiberglase terdiri dari 11 macam bahan, 6 macam sebagai bahan utama dan 5 macam sebagai bahan finishing, diantaranya: erosil, pigmen, resin, katalis, talk, mat, aseton, PVA, mirror, cobalt dan dempul.

5.4.2. Langkah pembuatan ponton

- ❖ Langkah pertama adalah membuat mal dari model yang akan dibuat dari sterefoam dan diberi rangka penguat seperti pada gambar berikut:



Gambar 5.7. Mal fiber dari sterefoam

- ❖ Setelah mal selesai diberi rangka dengan besi profil L 4x4x1.5 mm sebagai tempat sambungan ponton dengan rangka kincir, selanjutnya mall diberi penguat dari besi strip 1.5 mm yang berfungsi sebagai pengikat rangka ponton dan mall ponton agar kokoh.
- ❖ Setelah mal yang akan dibuat telah selesai kita lapisi dengan campuran resin + katalis sebagai dasar, langsung tempelkan dengan serat fiber selagi basah, lapiskan lagi dengan resin + katalis. Demikian terus sampai seluruh permukaan (luar & dalam) ponton tertutup.
- ❖ Ulangi beberapa lapis sampai mencapai ketebalan 3 mm. (ketebalan ponton yang direncanakan)
- ❖ Setelah campuran bahan dasar dibuat, langkah berikutnya finisng dengan memoles permukaan cetakan dengan mirror (sebagai pelicin dan pengkilap) dan dilakukan memutar sampai lapisannya benar-benar merata



Gambar 5.8. Hasil finising ponton

5.4.3. Analisis kapasitas ponton

1. Volume kerucut besar

Lihat gambar kerucut besar ponton disamping kanan bawah

Diketahui,

Jari-jari (r) : 20 cm

Tinggi (t) : 78 cm

Dicari volume kerucut besar

$$\text{Vol. kerucut besar} = 1/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t$$

$$\text{Vol. kerucut besar} = 1/3 \times 3.14 \times 20^2 \times 78$$

$$\text{Vol. kerucut besar} = 32,656 \text{ cm}^3 \rightarrow 326.56 \text{ m}^3$$

2. Volume kerucut kecil

Lihat gambar kerucut kecil ponton disamping kanan bawah

Diketahui,

Jari-jari (c) : 14 cm

Tinggi (h) : 55 cm

Dicari volume kerucut kecil

$$\text{Vol. kerucut besar} = 1/3 \cdot \pi \cdot c^2 \cdot h$$

$$\text{Vol. kerucut besar} = 1/3 \times 3.14 \times 14^2 \times 55$$

$$\text{Vol. kerucut besar} = 11,283 \text{ cm}^3 \rightarrow 112.83 \text{ m}^3$$

3. Volume setengah kerucut ponton

Vol. setengah kerucut = Vol. kerucut besar – Vol. kerucut kecil

$$\text{Vol. setengah kerucut} = 1/3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot t - 1/3 \cdot \pi \cdot c^2 \cdot h$$

$$\text{Vol. setengah kerucut} = 326.56 - 112.83 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. setengah kerucut} = 213.73 \text{ m}^3$$

4. Volume bola bagian depan

Lihat gambar volume bola ponton bagian depan disamping kanan bawah ini

Diketahui,

Tinggi (b) : 8 cm

Dicari volume bola bagian depan

$$\text{Vol. bola bagian depan} = 1/6 (4/3 \cdot \pi \cdot b^3)$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = 2/9 \cdot \pi \cdot b^3$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = 2/9 \times 3.14 \times 8^3$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = 357.3 \text{ cm}^3 \rightarrow 3.573 \text{ m}^3$$

5. Volume silinder ponton

Lihat gambar volume silinder ponton disamping kanan bawah

Diketahui

Panjang (p) : 103 cm

Jari-jari (r) : 20 cm

Dicari volume silinder ponton

$$\text{Vol. silinder ponton} = \pi \cdot r^2 \cdot p$$

$$\text{Vol. silinder ponton} = 3.14 \times 20^2 \times 103$$

$$\text{Vol. silinder ponton} = 129,368 \text{ cm}^3$$

$$\text{Vol. silinder ponton} = 1,293.68 \text{ m}^3$$

6. Volume bola bagian belakang

Lihat gambar volume bola ponton bagian belakang disamping kanan bawah diketahui,

Tinggi (d) : 20 cm

Dicari volume bola bagian belakang

$$\text{Vol. bola bagian depan} = \frac{1}{4} \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot d^3 \right)$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot d^3$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = \frac{1}{3} \times 3.14 \times 20^3$$

$$\text{Vol. bola bagian depan} = 8,373.3 \text{ cm}^3 \rightarrow 83.73 \text{ m}^3$$

7. Volume ponton

Volume ponton secara keseluruhan adalah

$$\text{Vol. ponton} = \text{Vol. silinder} + \text{Vol. } \frac{1}{4} \text{ bola belakang} \\ + \text{Vol. } 1.6 \text{ bola depan} + \text{Vol. setengah kerucut}$$

$$\text{Volume ponton} = 1,293.68 + 83.73 + 3.573 + 213.73$$

$$\text{Volume ponton} = 1,594.713 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 2 ponton} = 3,189.426 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume 2 ponton} = 90.31 \text{ cuft}$$

8. Berat material diatas ponton secara keseluruhan

a. Kincir 10 sudu : 79.18 kg

b. Kincir 12 sudu : 79.36 kg

9. Gaya apung ponton

Gaya apung ponton atau displaced water weight (Dww)

$$\text{Dww: Volume 2 ponton cuft} \times 62.4$$

Displaced water weight : $90.31 \times 62.4 \text{ cu.ft.lbs}$

Displaced water weight : 159.57 kg

10. Kapasitas ponton

Kapasitas angkut ponton = displaced water weight -
berat material diatas ponton

Kap. angkut ponton = $159.57 - 79.18 = 80.39 \text{ kg}$

Kap. angkut ponton = $159.57 - 79.36 = 80.21 \text{ kg}$

Data Ponton	Volume
Berat ponton	15.00 Kg
Gaya apung ponton	159.57 Kg
Kapasitas ponton	80.39 Kg

Tabel 5.19. Kapasitas ponton

5.5. Analisis daya kincir air hasil pengujian

5.5.1. Pengujian secara mekanik

PLTMHT yang telah dirancang, dibuat, dan dirakit perlu diuji untuk mengetahui kinerja dari system PLTMHT secara keseluruhan. Pengujian PLTMHT dilakukan secara experimental dan secara mekanik. Pengujian secara mekanik dilakukan untuk mencari hubungan antara generator dengan kecepatan putaran motor sebagai pengganti dari fluida air. Data yang didapat dalam pengujian PLTMHT secara mekanik berupa putaran motor, putaran kincir air, putaran generator dan tegangan listrik yang dihasilkan generator

5.5.2. Prosedur pengujian mekanik

Secara garis besar prosedur pengujian secara mekanik yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan semua komponen elektrik dan mekanik, merakit, dan memasang pada kincir air.
2. PLTMHT dan komponen elektrik dan mekanik yang sudah terpasang dicek kembali sebelum melakukan pengujian.
3. Menyiapkan alat ukur tachometer dan multimeter.
4. Menyiapkan dan memasang penyearah 3 phase, penstabil tegangan serta beban aki 28 AH dan beban lampu DC
5. Men-setting frekwensi pada VSD untuk mengatur putaran motor dan putaran generator dari frekwensi minimum hingga frekwensi maksimum.
6. Mengukur input dan output tegangan dari VSD, mengukur putaran motor, putaran kincir, dan putaran generator dengan beban maupun tanpa beban.
7. Mengukur nilai tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator pada kondisi berbeban maupun tanpa beban.
8. Mengukur arus listrik yang dihasilkan oleh generator pada kondisi berbeban maupun tanpa beban

Pengukuran putaran motor, putaran kincir, putaran generator maupun tegangan dan kuat arus yang dihasilkan oleh generator dilakukan secara bersamaan dan dilakukan berulang-ulang, sehingga data yang didapatkan dalam pengujian mekanik cukup valid.

Pengukuran tegangan dan kuat arus dilakukan dengan menggunakan 2 buah multimeter digital dan 2 buah multimeter analog, yang mana masing-masing multimeter digunakan untuk membaca tegangan dan arus yang terjadi. Sehingga kesalahan dalam pembacaan pengukuran tegangan dan kuat arus ini dapat diminimalisir sekecil mungkin

5.5.3. Perlengkapan pengujian mekanik

Peralatan yang diuji secara mekanik adalah PLTMHT yang terdiri VSD, Motor penggerak, kincir air, gearbok inkripsi, generator dan komponen elektrik berupa penyearah 3 phase dan penstabil tegangan DC to DC. Peralatan yang digunakan dalam pengujian secara mekanik pada tabel 5.18 berikut:

Alat dan Bahan	Jumlah
VSD ATV12	1
Motor 3 Phase 0.75 kW	1
PLTMHT12 sudu	1
Gearbok inkripsi 1:10	1
Gmp 3 phase, 12 V 500 W, 600 rpm	1
Penyearah 3 phase	1
Penstabil tegangan DC to DC	1
Tachometer digital	1
Multimeter digital	2
Multimeter manual	2
Lampu DC 7 w	2
Lampu DC 20 w	2
Lampu DC 50	8

Tabel 5.20 Alat dan bahan dalam pengujian secara mekanik

5.5.4. Tahapan pengujian secara mekanik

Tujuan dari pengujian secara mekanik pada PLTMHT adalah untuk mengetahui apakah sistem mekanikal dan elektrik pada PLTMHT sudah terpasang secara baik dan benar, dilakukan secara keseluruhan dari sistem PLTMHT, sehingga pada saat pengujian ril atau exsperimental sudah tidak ada lagi kendala secara teknis. Pengujian ini meliputi beberapa tahapan diantaranya sebagai berikut

5.5.5. Data pengujian secara mekanik

A. Data hasil pengujian secara mekanik dengan beban mekanik

1. Hasil pengujian secara mekanik dengan beban mekanik

Pengujian PLTMHT secara mekanik dengan beban mekanik (Motor dihubungkan dengan V-Bel ke kincir - gerbok – gmp – penyearah - penstabil tegangan)					
F VSD (Hz)	N Motor (rpm)	N Kincir (rpm)	N Gmp (rpm)	V gmp (volt)	V penyearah (volt)
2	3	4	5	6	7
3.00	28.00	16.60	163.00	7.50	8.60
4.00	51.60	31.10	233.00	15.50	19.10
5.00	80.90	48.40	489.10	24.00	31.10
6.00	107.80	66.20	653.70	33.00	41.90

Tabel 5.21 Data hasil pengujian secara mekanik dengan beban mekanik

Keterangan singkatan dalam table 5.21. F adalah frekwensi (HZ), N adalah putaran (rpm) dan V adalah tegangan (Volt)

2. Hasil pengujian secara mekanik dengan beban mekanik dan lampu DC

Pengujian PLTMHT secara mekanik (Motor dihubungkan dengan V-Bel ke kincir - gerbok – gmp – penyearah - penstabil tegangan + beban lampu 7 watt)						
F VSD (Hz)	N Motor (rpm)	N Kincir (rpm)	N Gmp (rpm)	V Gmp (volt)	V penyearah (volt)	A Penyearah (ampere)
2	3	4	5	6	7	8
3.00	22.70	11.80	91.40	4.20	5.40	0.00
4.00	30.40	19.50	197.30	8.50	10.70	0.10
5.00	38.30	22.90	221.00	11.00	13.40	0.10
6.00	42.50	24.80	350.00	13.00	14.20	0.20
7.00	79.10	45.30	451.10	20.00	25.90	0.30
8.00	109.5	63.00	633.50	30.00	38.20	0.30

Tabel 5.22 data pengujian PLTMHT secara mekanik dengan beban mekanik dan lampu DC 7 watt

Pengujian PLTMHT secara mekanik (Motor dihubungkan dengan V-Bel ke kincir - gerbok – gmp-penyearah-penstabil tegangan + beban lampu 14 watt)						
F VSD (Hz)	N Motor (rpm)	N Kincir (rpm)	N Gmp (rpm)	V Gmp (volt)	V penyearah (volt)	A Penyearah (ampere)
2	3	4	5	6	7	8
4.00	28.10	18.10	170.60	8.50	10.20	0.00
5.00	34.20	20.40	222.40	8.80	12.00	0.10
6.00	37.00	23.10	229.40	9.50	12.70	0.20
7.00	41.30	25.00	249.30	10.50	14.80	0.30
8.00	43.50	26.30	264.40	12.00	15.30	0.60
9.00	55.30	29.80	281.40	12.70	15.90	0.70

Tabel 5.23 data pengujian PLTMHT secara mekanik dengan beban mekanik dan lampu DC 14 watt

Pengujian PLTMHT secara mekanik (Motor dihubungkan dengan V-Bel ke kincir - gerbok – gmp-penyearah-penstabil tegangan + beban lampu 20 watt)						
F VSD (Hz)	N Motor (rpm)	N Kincir (rpm)	N Gmp (rpm)	V Gmp (volt)	V penyearah (volt)	A Penyearah (ampere)
2	3	4	5	6	7	
5.00	9.40	7.10	71.30	2.00	2.70	0.10
6.00	12.70	8.10	78.00	2.50	3.10	0.30
7.00	16.00	9.90	82.80	3.00	3.80	0.40
8.00	19.70	11.3	106.40	4.00	4.50	0.50
9.00	27.00	14.90	147.20	4.50	6.00	0.60
10.00	29.20	15.60	151.20	5.00	6.20	0.80

Tabel 5.24 data pengujian PLTMHT secara mekanik dengan beban mekanik dan lampu DC 20 watt

Catatan: pada frekwensi diatas 10 hz di VSD, motor pengerak sudah tidak mampu dan putaran yang dihasilkan motor pengerak menurun dan VSD mengerung sehingga pengujian hingga gmp mencapai putaran maksimum (didas 600 rpm) tidak dapat dilanjutkan.

3. Data Hasil pengujian secara mekanik generator magnet permanent

Pengujian secara mekanik generator magnet permanent dilakukan dengan menghubungkan poros generator dengan motor menggunakan kopling tetap secara langsung. Hal ini dilakukan untuk mengetahui *performance generator*.

Pengujian secara mekanik generator magnet permanen												
Pengujian tanpa menggunakan beban												
Kontrol putaran	Putaran motor	Putaran gmp	Tegangan gmp			Arus gmp			Penyearah 3 phase to 1 phase		Daya (Watt)	Keterangan
			L1-L2	L1-L3	L3-L2	L1-L2	L1-L3	L3-L2	Tegangan	Arus		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.00	100.00	200.00	15.27	14.05	15.30	-	-	-	19.90	-	-	
3.00	150.00	300.00	17.30	16.15	17.46	-	-	-	21.50	-	-	
4.00	200.00	400.00	20.22	18.73	20.38	-	-	-	25.09	-	-	
5.00	250.00	500.00	25.04	23.21	25.18	-	-	-	31.46	-	-	
6.00	300.00	600.00	33.18	30.61	33.11	-	-	-	41.31	-	-	

Tabel 5.25 Data hasil pengujian secara mekanik generator magnet permanent tanpa menggunakan beban

Pengujian secara mekanik generator magnet permanen												
Pengujian menggunakan beban aki 28 AH												
Kontrol putaran	Putaran motor	Putaran gmp	Tegangan gmp			Arus gmp			Penyearah 3 phase to 1 phase		Daya (Watt)	Keterangan
			L1-L2	L1-L3	L3-L2	L1-L2	L1-L3	L3-L2	Tegangan	Arus		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.00	100.00	200.00	12.75	11.81	12.86	1.0049	1.0045	1.0049	15.77	2.00	31.54	
3.00	150.00	300.00	13.09	12.08	13.00	2.0066	2.0061	2.0066	16.02	3.20	51.26	
4.00	200.00	400.00	15.40	14.12	15.43	3.6065	3.4456	3.4611	17.97	4.13	74.22	
5.00	250.00	500.00	20.49	18.60	20.17	4.8502	4.8215	4.7716	21.99	5.00	109.95	
6.00	300.00	600.00	24.04	22.21	24.18	5.8502	4.8215	5.7716	25.61	6.2	158.78	

Tabel 5.26 Data hasil pengujian secara mekanik generator magnet permanent dengan menggunakan beban aki 28 AH

Pengujian secara mekanik generator magnet permanen												
Pengujian gmp menggunakan lampu halogen 500 watt												
Kontrol putaran motor manual	Putaran motor	Putaran gmp	Tegangan gmp			Arus gmp			Penyearah 3 phase to 1 phase		Daya (Watt)	Keterangan
			L1-L2	L1-L3	L3-L2	L1-L2	L1-L3	L3-L2	Tegangan	Arus		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2.00	100.00	200.00	8.25	7.31	8.36	6.800	6.610	6.680	10.31	8.00	82.48	
3.00	150.00	300.00	8.69	7.68	8.60	8.900	8.710	8.780	10.68	10.10	107.87	
4.00	200.00	400.00	10.80	9.52	10.83	11.200	11.010	11.080	12.52	12.40	155.25	
5.00	250.00	500.00	15.79	13.90	15.47	13.200	13.010	13.080	16.9	14.40	243.36	
6.00	300.00	600.00	19.24	17.41	19.38	14.400	14.210	14.280	20.41	15.60	318.40	

Tabel 5.27 Data hasil pengujian secara mekanik generator magnet permanent dengan beban lampu 500 watt

5.5.6. Pengujian secara eksperimen

Pengujian eksperimen dilakukan di pintu air saluran irigasi sekunder di Kelurahan Kedungkandang Kota Malang. Pengujian eksperimental bertujuan untuk mencari karakteristik PLTMHT berupa kurva hubungan luaran daya generator terhadap kecepatan air, Data yang didapat dalam pengujian ini berupa putaran kincir air, putaran generator, tegangan dan arus listrik yang dihasilkan generator

Data-data tersebut sangat berkaitan, antara putaran kincir, putaran generator dan kecepatan air, bagaimana hubungan antara kecepatan aliran air terhadap daya yang dihasilkan generator pada saat dihubungkan tanpa beban maupun dihubungkan dengan menggunakan beban ataupun hubungan antara kecepatan air terhadap nilai beda tegangan listrik pada saat tanpa beban maupun berbeban.

A. Prosedur pengujian secara eksperimental

Sebelum dilakukan pengujian secara eksperimental PLTMHT, terlebih dahulu kita melakukan pengukuran kecepatan aliran air dengan metode floating method untuk memastikan bahwa kecepatan aliran air yang melewati celah kedua ponton pada PLTMHT sudah sesuai dengan yang direncanakan yaitu pada kecepatan aliran air 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.5 m/s dan 3.0 m/s. Ketika kecepatan aliran air sudah diukur dan dipastikan bahwa kecepatannya sudah sesuai baru dilakukan pengujian PLTMHT. Tahapan pengujian PLTMHT secara garis besar sebagai berikut:

1. Mengukur kecepatan aliran air dengan menggunakan alat ukur flowratemeter
2. Mengecek apakah semua komponen elektrik dan mekanik PLTMHT yang diuji sudah terpasang dengan benar dan sebelum dilakukan pengujian dicek kembali untuk memastikan bahwa semua komponen sudah terpasang dengan baik dan benar.
3. Menyiapkan alat ukur tachometer dan multimeter.
4. Mengukur putaran kincir, dan putaran generator dengan menggunakan tachometer digital
5. Mengukur tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator dengan voltmeter digital
6. Mengukur arus listrik yang dihasilkan oleh generator dengan ampere meter digital

Pengukuran dan pembacaan alat ukur dilakukan berulang-ulang agar dapat dihasilkan hasil pengukuran dan pembacaan alat ukur yang akurat untuk meminimalisir kesalahan yang sekecil mungkin

B. Perlengkapan pengujian experimental

Pengujian experimental PLTMHT dilakukan pada sungai ataupun pada saluran irigasi yang mempunyai pintu air (Water gate) agar kecepatan aliran air yang melewati celah kedua ponton sesuai dengan kecepatan aliran air yang telah direncanakan yaitu 0.5 m/s, 1.0 m/s, 1.5 m/s, 2.0 m/s, 2.5 m/s dan 3.0 m/s.

Perlengkapan dalam pengujian experimental terdiri dari: PLTMHT, tali temali, stop wacht, bola plastic, tali raffia dan peralatan pengukuran (tachometer, multimeter digital dan maual). Peralatan dalam pengujian dapat dilihat pada tabel 5.24 berikut:

No	Alat dan Bahan	Jumlah
1	PLTMHT terdiri dari: Perlengkapan mekanik	
	❖ Ponton	1 Bh
	❖ Kincir	1 Bh
	❖ Rangka kincir	1 Bh
	❖ Gearbok	1 Bh
	❖ Panel	
	Perlengkapan elektrik	1 Bh
	❖ Gmp 3 phase, 12 volt 500 w, 600 rpm	1 Bh
	❖ Penyearah 3 phase	1 Bh
2	❖ Penstabil tegangan DC to DC	1 Bh
	Moring sistem	1 Bh
3	❖ Tali temali	1 Bh
4	Stop wacht	1 Bh
5	Tachometer digital	1 Bh
6	Multimeter digital	1 Bh
7	Multimeter manual	10 Bh
8	Lampu DC 50	1 Set
9	Kabel, tang, obeng dan lainnya	1 Set

Tabel 5.28 Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian secara mekanik

C. Data Hasil Pengujian Secara Exsperimental

1. Hasil pengujian eksperimen kincir 10 sudu tanpa beban

Pengujian tanpa menggunakan beban								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	28.69	286.00	22.00	22.00	21.00	23.10		
1.0	35.28	345.00	26.00	24.00	25.00	26.80		
1.5	40.68	419.00	29.00	27.00	30.00	30.20		

Tabel 5.29. Data pengujian experimental kincir air 10 sudu tanpa beban

2. Hasil pengujian eksperimen kincir 10 sudu dengan beban lampu DC 500 w

Pengujian dengan menggunakan beban lampu DC 500 w								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	8.40	81.20	3.22	3.03	3.14	4.25	2.80	11.9
1.0	9.90	98.10	3.45	3.30	3.41	4.50	3.30	14.85
1.5	11.59	115.70	3.60	3.50	3.70	5.20	4.85	25.22

Tabel 5.30 Data pengujian eksperimen kincir air 10 sudu dengan beban 500 w

3. Hasil pengujian eksperimental kincir 10 sudu dengan beban aki 28 Ah

Pengujian dengan menggunakan beban aki 28 AH								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	14.31	146.00	10.10	11.60	12.90	12.50	3.70	46.25
1.0	17.22	186.00	13.30	12.70	13.00	14.30	3.90	55.77
1.5	20.93	226.00	13.50	13.80	13.00	15.20	4.20	63.84

Tabel 5.31. Data pengujian eksperimen kincir air 10 sudu dengan beban aki 28 AH

4. Hasil pengujian eksperimental kincir 12 sudu tanpa beban

Pengujian tanpa menggunakan beban								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	28.86	287.30	25.30	24.70	23.50	26.30	-	-
1.0	36.94	367.50	27.50	25.80	28.00	29.60	-	-
1.5	45.32	450.00	30.00	29.50	31.00	32.50	-	-

Tabel 5.32 Data pengujian eksperimental kincir air 12 sudu tanpa beban

5. Hasil pengujian eksperimental kincir 12 sudu dengan beban 500 watt

Pengujian dengan menggunakan beban lampu DC 500 watt								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	9.43	94.00	3.50	3.30	3.00	4.50	4.40	19.80
1.0	10.31	102.00	3.40	3.60	3.80	5.00	4.60	23.00
1.5	12.12	120.00	3.80	4.00	3.70	5.50	5.00	27.50

Tabel 5.33. Data pengujian eksperimental kincir air 12 sudu dengan menggunakan beban lampu DC 500 watt

6. Hasil pengujian experimental kincir 12 sudu dengan beban aki 28 Ah

Pengujian dengan menggunakan beban aki 28 AH								
Kecepatan aliran air (m/s)	Putaran (rpm)		Tegangan generator (V)			Penyearah		Daya (w)
	Kincir air	Gmp	Tegangan L1-L2	Tegangan L1-L3	Tegangan L2-L3	Tegangan (V)	Arus (A)	
0.5	19.53	194.70	13.80	12.60	13.90	14.60	3.70	54.02
1.0	22.64	225.50	14.30	13.10	14.40	15.30	4.00	61.2
1.5	25.75	256.00	15.50	13.30	15.60	16.10	4.80	77.28

Tabel 5.34. Data pengujian experimental kincir air 12 sudu dengan menggunakan beban aki 28 Ah

7. Data hasil pengukuran kecepatan aliran air

No	Data Saluran	Pengukuran aliran air			Keterangan
		Site 1	Site 2	Site 3	
1	2	3	4	5	6
1	Lebar saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Pengukuran
2	Jarak saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Ditentukan
3	Kedalaman air	1.0 m	1.1 m	1.0 m	Pengukuran
4	Waktu tempuh	12.0 s	12.0 s	12.0 s	Pengukuran
5	Kecepatan aliran	0.5 m/s	0.5 m/s	0.5 m/s	Perhitungan

Tabel 5.35. pengukuran kecepatan aliran air 0.5 m/s

No	Data Saluran	Pengukuran aliran air			Keterangan
		Site 1	Site 2	Site 3	
1	2	3	4	5	6
1	Lebar saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Pengukuran
2	Jarak saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Ditentukan
3	Kedalaman air	1.0 m	1.1 m	1.0 m	Pengukuran
4	Waktu tempuh	6.0 s	6.0 s	6.0 s	Pengukuran
5	Kecepatan aliran	1.0 m/s	1.0 m/s	1.0 m/s	Perhitungan

Tabel 5.36. pengukuran kecepatan aliran air 1.0 m/s

No	Data Saluran	Pengukuran aliran air			Keterangan
		Site 1	Site 2	Site 3	
1	2	3	4	5	6
1	Lebar saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Pengukuran
2	Jarak saluran	6.0 m	6.0 m	6.0 m	Ditentukan
3	Kedalaman air	1.0 m	1.1 m	1.0 m	Pengukuran
4	Waktu tempuh	4.0 s	4.0 s	4.0 s	Pengukuran
5	Kecepatan aliran	1.5 m/s	1.5 m/s	1.5 m/s	Perhitungan

Tabel 5.37. pengukuran kecepatan aliran air 1.5 m/s

5.5.7. Analisis data hasil pengujian

I. Analisis data hasil pengujian mekanik

Pengujian mekanik dilaksanakan untuk mengetahui berapa daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Dalam pengujian mekanik maupun eksperimen dibuat dengan berbagai macam kecepatan baik itu kecepatan motor maupun kecepatan aliran air, dalam uji mekanik ini kecepatan aliran air diganti dengan menggunakan motor listrik 3 phase.

A. Pengujian secara mekanik

1. Pengujian secara mekanik dengan beban mekanik

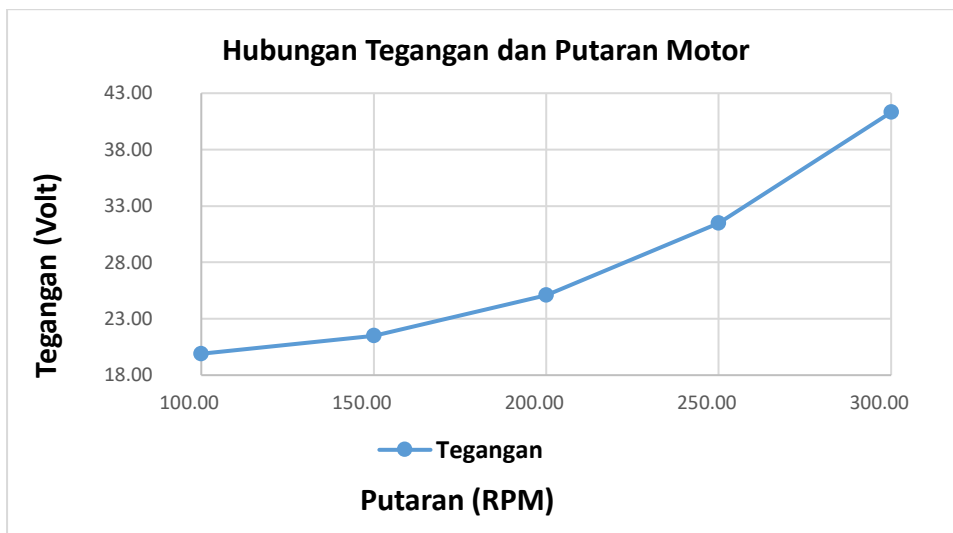
Untuk mengukur tegangan yang dihasilkan oleh Generator 3 phase digunakan multimeter digital dan analog. Arus listrik yang dihasilkan oleh generator berupa arus bolak-balik (AC), Arus AC ini belum dapat digunakan langsung karna beban yang digunakan dalam pengujian menggunakan beban lampu DC, arus AC disearahkan menjadi arus (DC) dengan menggunakan penyearah tiga phase menjadi satu phase. Pengujian secara mekanik dengan beban mekanik dan lampu DC

Setelah pengujian mekanik dengan beban mekanik (tanpa beban lampu) selesai dilaksanakan dan diketahui langkah selanjutnya adalah pengujian PLTMHT dengan menggunakan beban lampu DC. Tujuan pengujian dengan menggunakan beban lampu DC adalah untuk mengetahui seberapa besar daya yang dihasilkan oleh Generator pada berbagai kecepatan putaran motor

Dari data yang didapatkan pada pengujian mekanik dengan berbagai variasi kecepatan putaran motor didapatkan kurva hubungan antara daya (P) dan tegangan listrik (V) terhadap kecepatan putaran motor (n).

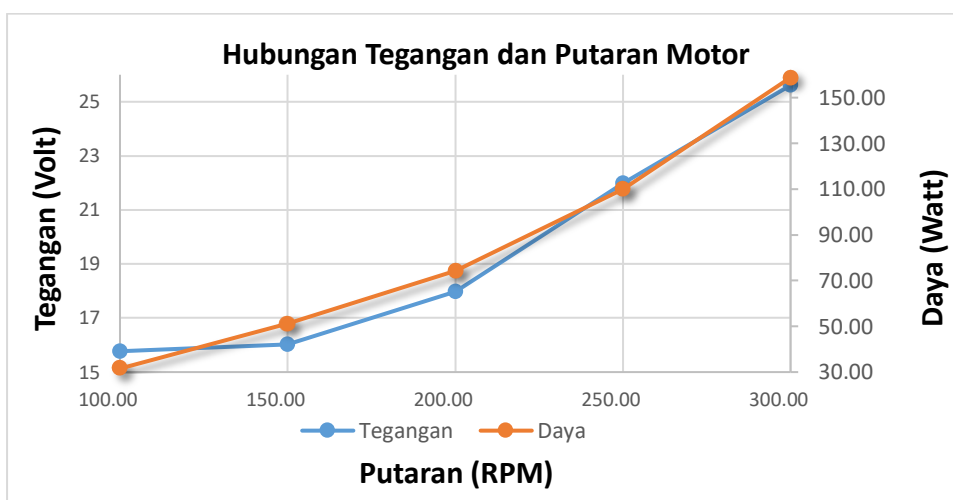
2. Pengujian generator magnet permanent secara mekanik

Pada pengujian generator secara mekanik dilakukan untuk mengetahui performance dari generator, karna pada pengujian PLTMHT tanpa menggunakan beban maupun pada pengujian menggunakan beban, belum dicapai secara maksimal daya yang dihasilkan oleh generator. Sehingga pada pengujian ini generator langsung dibebani dengan beban maksimum generator yaitu 500 watt.



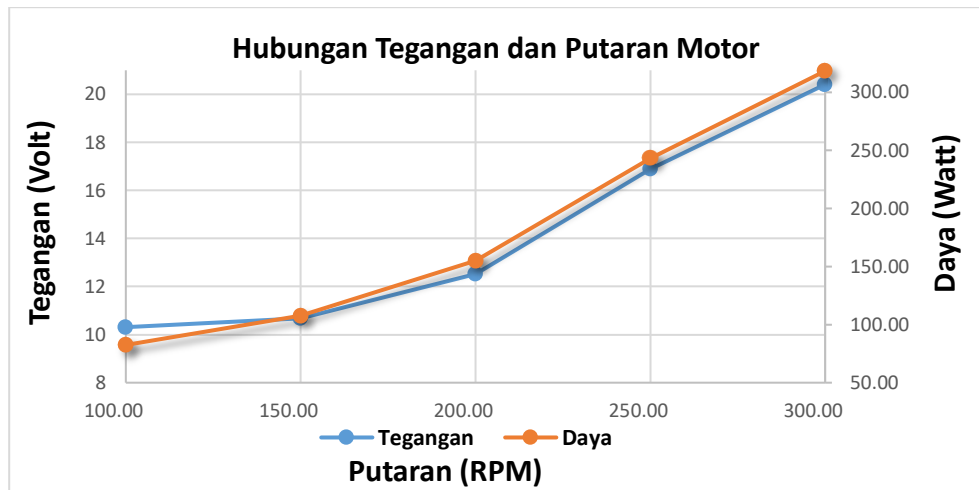
Gambar 5.9 Kurva hubungan tegangan dengan putaran tanpa beban

Dari gambar 5.9 adalah hubungan antara tegangan gmp dengan putaran motor. Rasio putaran antara motor dan gmp adalah 1:2. Artinya motor berputar satu kali maka gmp berputar sebanyak 2 kali. Tegangan dan putaran motor adalah linear, semakin cepat putaran motor maka tegangan yang dihasilkan oleh generator semakin besar.



Gambar 5.10 Kurva hubungan tegangan terhadap putaran motor dengan beban aki 28 AH

Dari gambar 5.10 adalah hubungan tegangan dan putaran motor terhadap daya gmp. Gmp dibebani dengan beban aki 28 AH tegangan dan daya adalah linear, semakin cepat putaran motor maka tegangan yang dihasilkan oleh generator semakin besar.

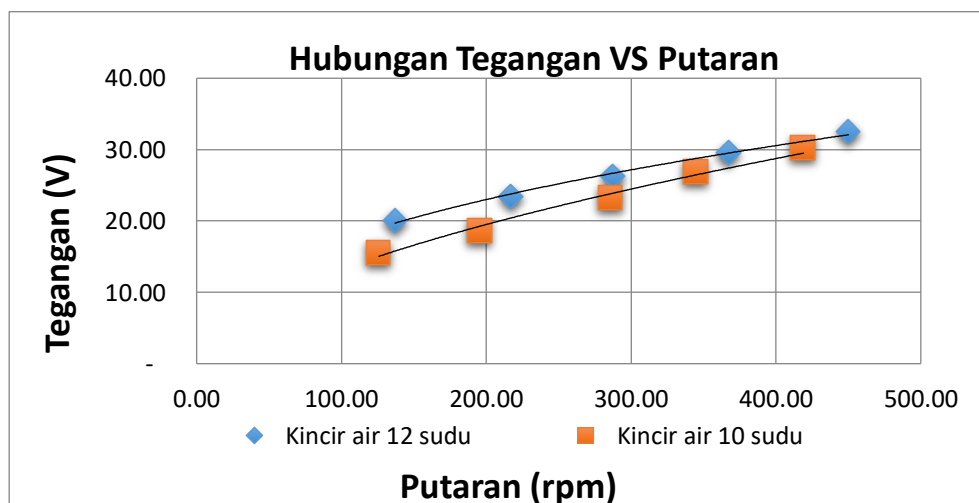


Gambar 5.11 Kurva hubungan daya dan tegangan terhadap putaran motor dengan beban lampu 500 watt

Dari gambar 5.11 adalah hubungan tegangan dan putaran motor terhadap daya gmp. Gmp dibebani dengan beban lampu DC 500 watt. Pembebanan pada generator sangat berpengaruh terhadap terhadap putaran motor, semakin besar beban maka putaran motornya akan menurun.

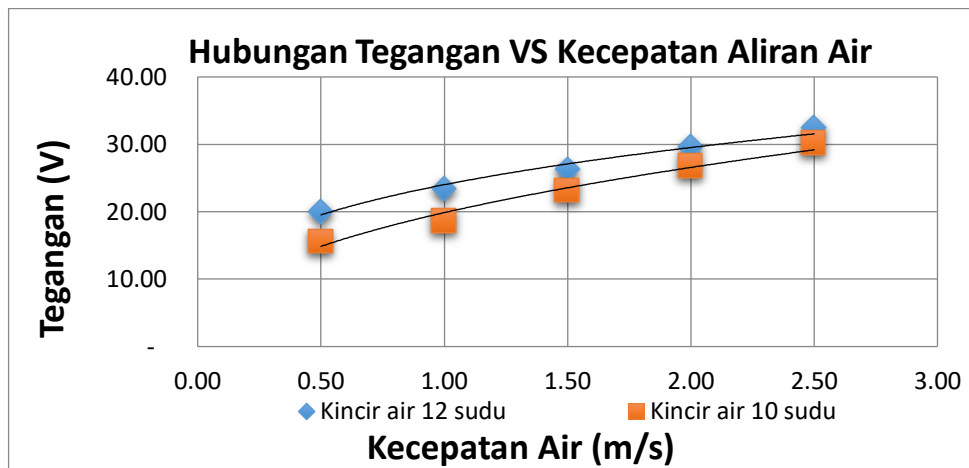
II. Analisis data hasil pengujian ekperimen

Pengujian experimen dilakukan di saluran sekunder aliran irigasi Desa Kedungkandang Kecamatan Kota Lama Malang. Dalam pengujian experimen, parameter yang diukur adalah kecepatan aliran air, torsi kincir, tegangan dan arus. Hubungan dari parameter dapat dilihat pada grafik berikut:



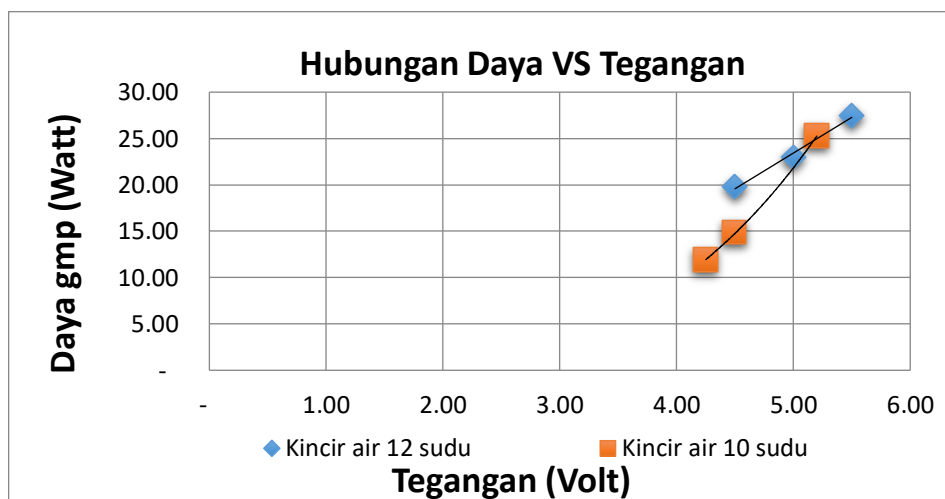
Gambar 5.12 Kurva hubungan tegangan terhadap putaran gmp tanpa menggunakan beban

Dari gambar 5.12 kurva hubungan tegangan terhadap putaran juga linear, semakin cepat putaran gmp maka tegangan yang dihasilkan oleh generator juga semakin besar.

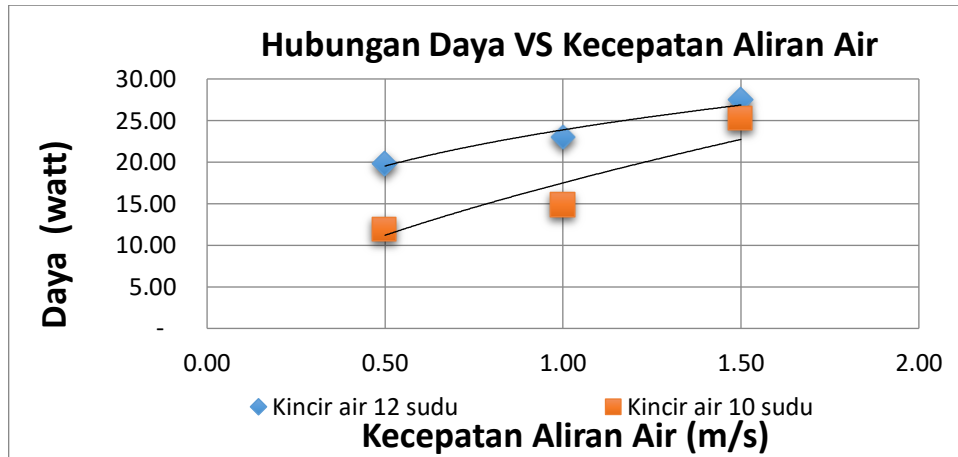


Gambar 5.13 Kurva hubungan tegangan terhadap kecepatan aliran air tanpa menggunakan beban

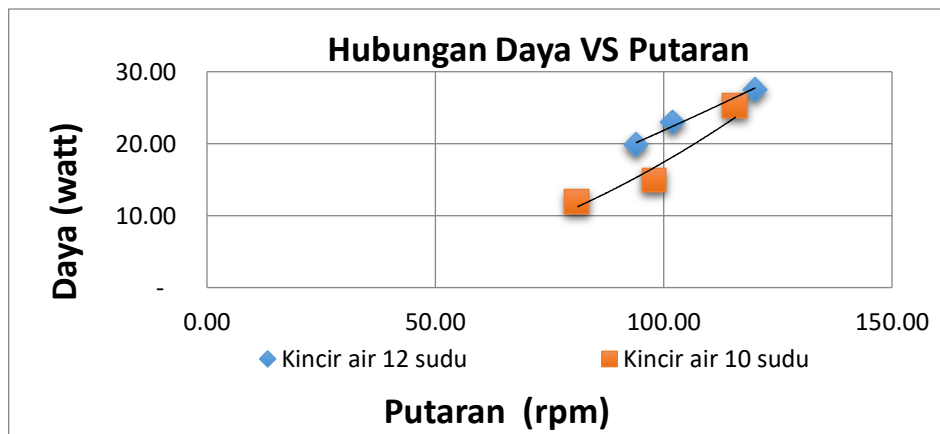
Dari gambar 5.13 terlihat bahwa kecepatan air sangat mempengaruhi tegangan yang dihasilkan oleh generator, semakin cepat aliran air maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.



Gambar 5.14 Kurva hubungan daya gmp terhadap tegangan dengan menggunakan beban lampu DC 500 watt



Gambar 5.15 Kurva hubungan daya terhadap kecepatan aliran air dengan menggunakan beban lampu DC 500 watt



Gambar 5.16 Kurva hubungan daya terhadap putaran dengan menggunakan beban lampu DC 500 watt

Dari gambar 5.14 sampai 5.16 terlihat jelas bahwa pembebanan pada generator sangat berpengaruh terhadap putaran, tegangan dan daya. Semakin besar beban generator, maka putaran semakin menurun dan tegangan serta daya yang dihasilkan oleh generator juga semakin kecil.