

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

Pengujian putaran turbin tanpa terhubung dengan generator dilakukan guna mendapatkan nilai maksimum dari putaran turbin, serta mengetahui kelancaran *bearing* yang terpasang sebagai titik pusaran dari turbin tersebut.

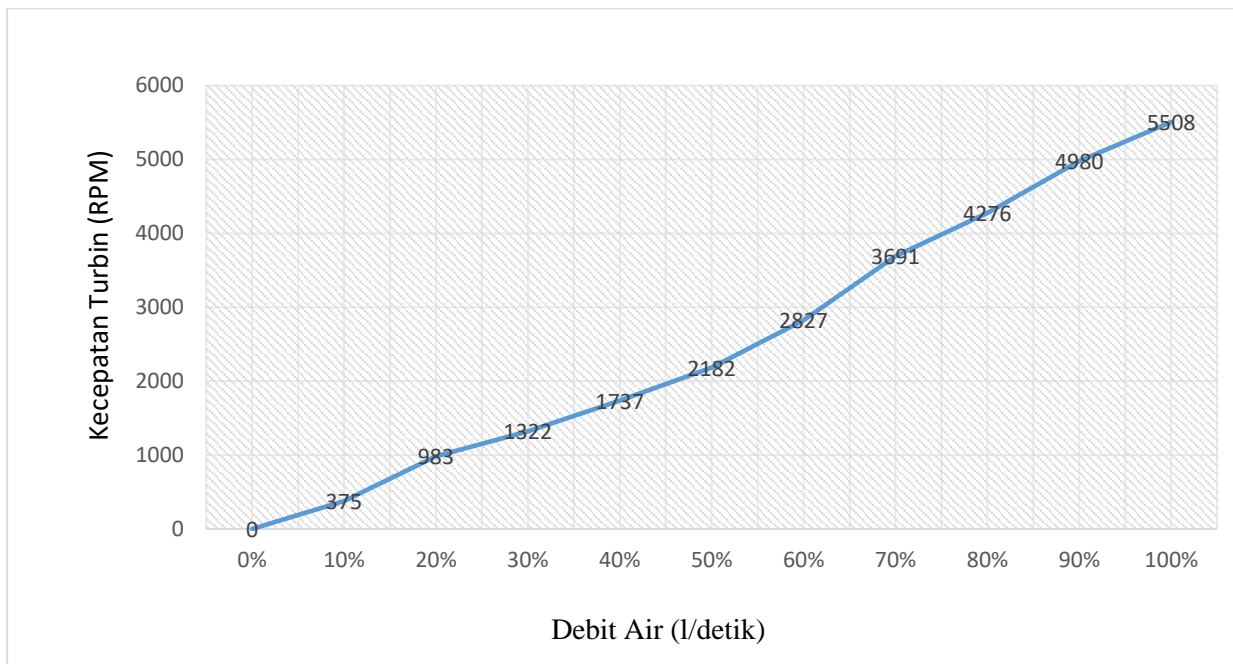
$$\text{Debit Air} = \frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \quad (4.1)$$

Pengukuran debit air secara manual dengan menentukan besaran presentase dari kapasitas maksimal dari pompa air sesuai spesifikasi yang tertera sebesar 42 l/menit.

Didapatkan hasil kecepatan putaran turbin yang tinggi dikarenakan poros dari turbin tidak terhubung dengan poros dari generator yang dimana apabila terhubung dengan generator akan menjadikan beban tambahan bagi turbin saat diputar. sehingga didapatkan nilai putaran turbin seperti berikut.

Tabel 4.1 Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

No	Debit Air	Kecepatan Putaran Turbin (RPM)
1	0%	0
2	10%	375
3	20%	983
4	30%	1322
5	40%	1737
6	50%	2182
7	60%	2827
8	70%	3691
9	80%	4276
10	90%	4980
11	100%	5508



Gambar 4.1 Grafik Pengujian Turbin Turgo Tanpa Terhubung Generator

Dari percobaan yang dilakukan tanpa menghubungkan turbin dengan generator didapatkan hasil yang seperti diatas, yang dimana nilai dari putaran turbin meningkat secara teratur dari 0% hingga 100% dari total debit air.

4.2 Uji Beban Menggunakan Lampu Pijar Dengan Debit Air Maksimum

Tabel 4.2 Hasil Uji Beban Menggunakan Lampu Pijar Dengan Debit Air Maksimum

No.	Beban (Watt)	Frekuensi (Hz)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	RPM
1	25	114,9	40,3	50	254,8
2	50	103,4	39,4	110	258,5
3	75	97,3	36,6	160	246
4	100	95,6	34,7	165	238,5
5	125	91,5	33,1	200	229,3
6	150	80,6	30,4	255	219,9
7	175	69,7	26,5	295	196,1
8	200	62,2	22,9	325	172,3

Percobaan dengan nilai debit air maksimal dilakukan untuk mengetahui ketahanan putaran generator pada saat terbebani, semakin besar beban yang terhubung dengan output generator maka putarannya semakin berat, dikarenakan generator harus menyuplai listrik lebih. Diketahui bahwa pada saat melakukan uji beban, lampu pijar yang menjadi beban tidak menyala seperti pada umumnya. Hal tersebut dikarenakan nilai arus yang mengalir bernilai kecil.

$$\frac{y - y_a}{y_b - y_a} = \frac{x - x_a}{x_b - x_a} \quad (4.2)$$

Keterangan:

- y : Daya Yang Dicari (Watt)
- y_a : Nilai Daya Pada Percobaan Ke a (Watt)
- y_b : Nilai Daya Pada Percobaan Ke b (Watt)
- x : Tegangan Referensi (Volt)
- x_a : Nilai Tegangan Pada Percobaan Ke a (Volt)
- x_b : Nilai Tegangan Pada Percobaan Ke b (Volt)
- Note : nilai a dan b saling berurutan.

Persamaan 3.1 yang dimana mendapatkan hasil Pout turbin sebesar 120,4 Watt. Perhitungan mencari daya output generator menggunakan Persamaan 4.2 yang mendapatkan nilai daya output generator sebesar 10,3098 Watt. Sehingga didapatkan nilai efisiensi dari alat yang dibuat sebesar 8,58 %.

4.3 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator

Pada pengujian alat dilakukan dengan cara mengatur debit air secara manual dengan nilai yang bervariasi sehingga dapat diketahui pengaruh dari besaran debit air terhadap kecepatan putaran turbin yang terkopel dengan generator kemudian dapat diketahui nilai *output* tegangan dan frekuensi generator.

Dilakukannya dengan debit air dinilai minimum 50% hingga maksimum 100% dikarenakan alat pada perangkat penampil *output* hanya membaca di frekuensi minimum 45 Hz. Serta dalam percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang bernilai 50 Hz yang nantinya tegangan *output* generator akan *distep up* oleh Trafo menjadi 220 Volt AC.

Tabel 4.3 Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan, Tegangan dan Frekuensi Generator

No.	Debit Air	Kecepatan Generator (RPM)	Output Generator	
			Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1	0 %	0	0	0
2	50%	119.2	19.2	48.86
3	60 %	164.6	22.6	66.2
4	70 %	199.9	29.4	80.8
5	80 %	243.6	34.8	98.7
6	90 %	260.4	40.7	107.2
7	100 %	291	49.6	118.8

Percobaan dilakukan sesuai dengan spesifikasi dari perangkat penampil Frekuensi yang dapat bekerja pada nilai minimum 45 Hz. Serta pengujian generator tersebut dilakukan guna mendapatkan nilai tegangan yang keluar dari generator apabila nilai frekuensi 50 Hz. Didapatkan pada debit air sebesar 50% dengan frekuensi 48,86 mendapatkan nilai tegangan sebesar 19,2 Volt AC. Dari nilai tegangan tersebut akan *distep up* oleh trafo agar nilai *output* mencapai 220 Volt AC. Guna dari *step up* tegangan tersebut adalah supaya *output* yang dihasilkan dari prototype turbin turgo tersebut dapat digunakan untuk listrik sehari hari.

$$E = 4 \cdot f \cdot f_{ef} \cdot f_N \cdot \Phi \cdot N \quad (4.3)$$

Keterangan:

E : Tegangan (Volt)

f : Frekuensi (Hz)

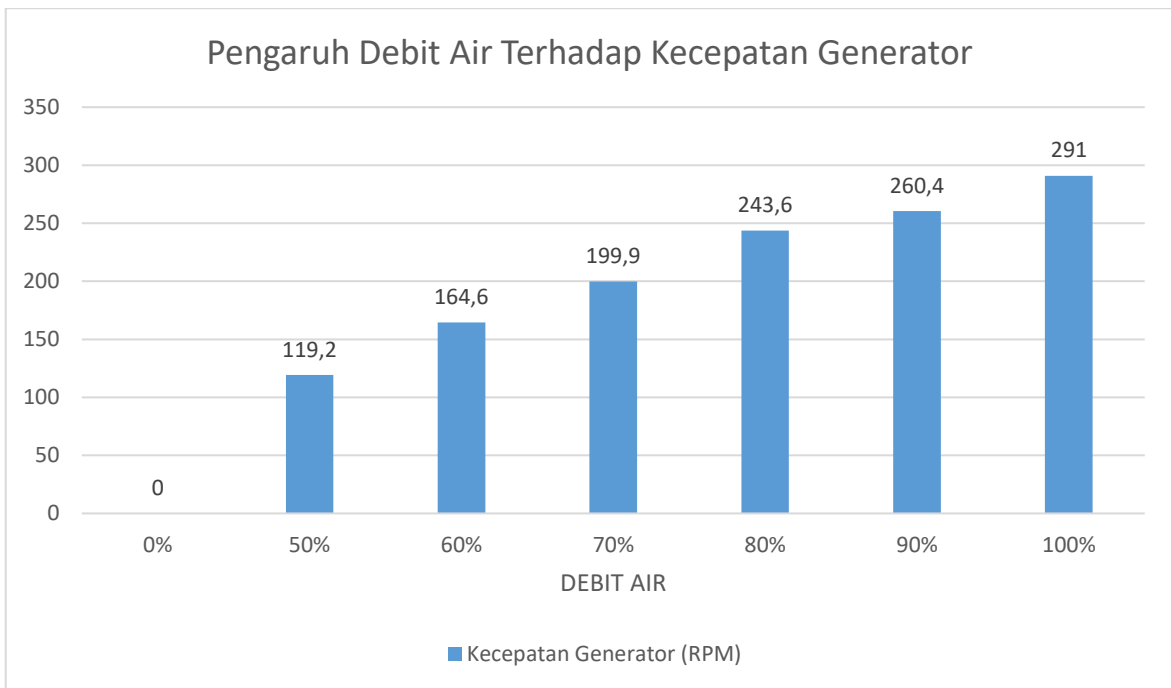
f_{ef} : Faktor Efektif (1,111)

f_N : Faktor Lilitan (satu fasa 0,8 dan tiga fasa 0,96)

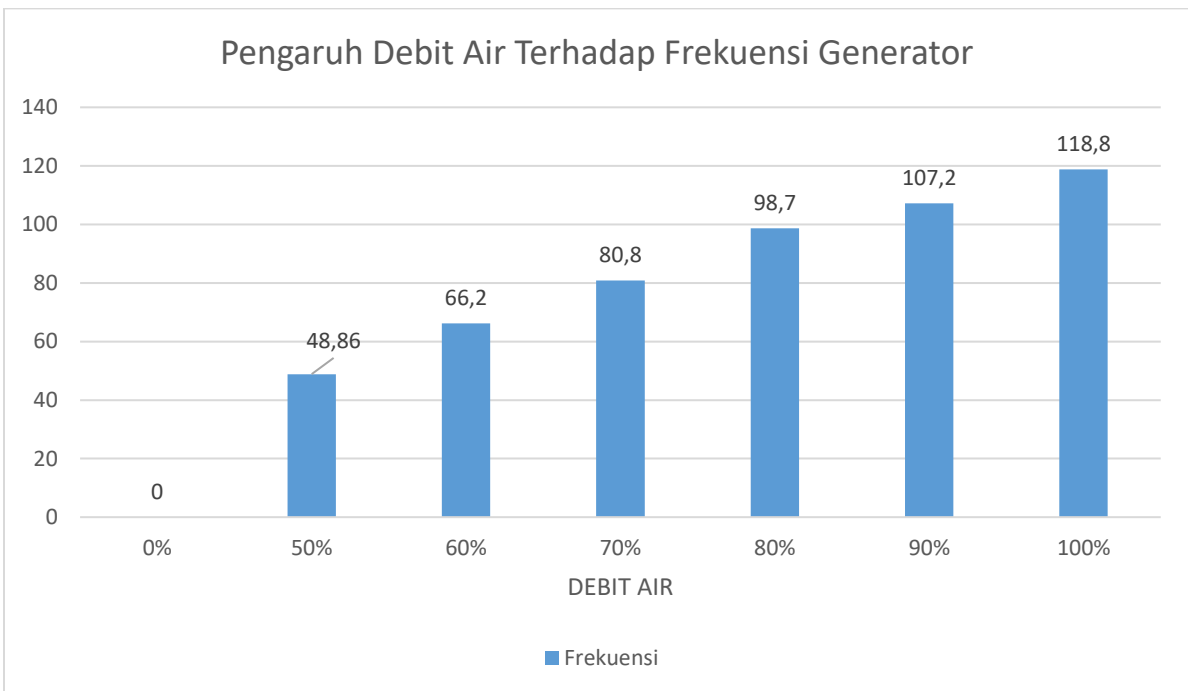
Φ : Fluks (Wb) (1 Wb = 1 x 10⁸ maxwell)

N : Jumlah Lilitan

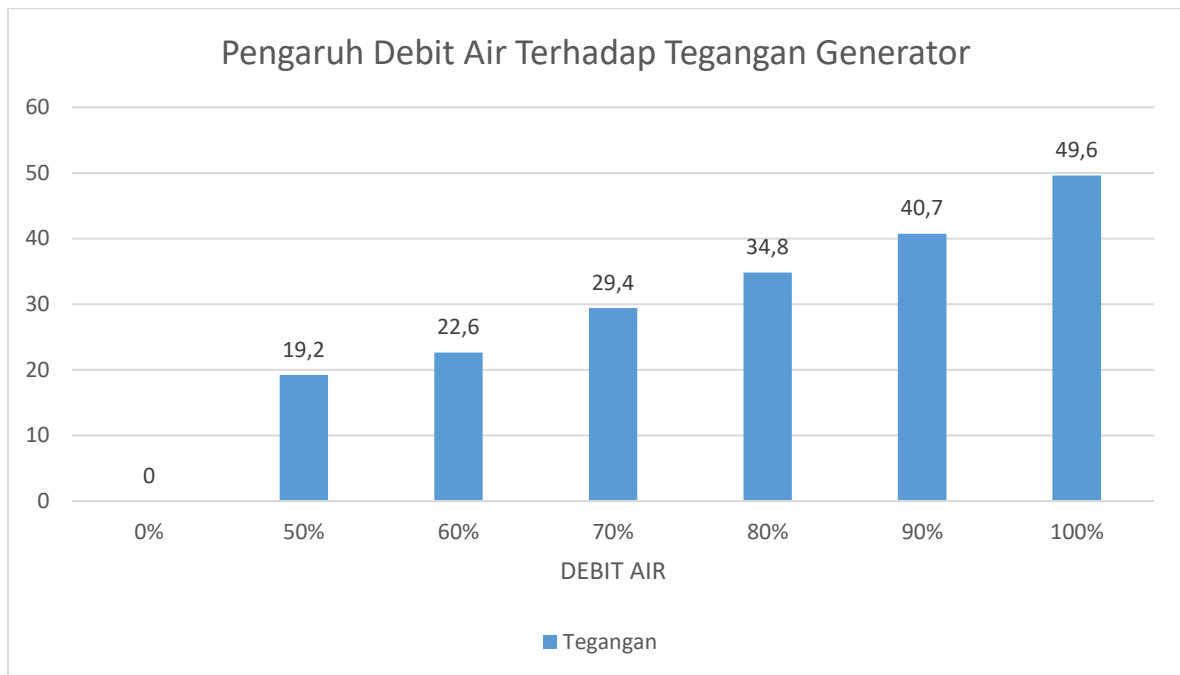
Pada Persamaan 4.2, nilai tegangan dapat dicari dengan memasukan data yang telah diambil pada saat pengujian alat. Dengan penggerak mula berupa air yang disemprotkan ke turbin maka jumlah debit air yang keluar akan mempengaruhi putaran dari turbin dan akan berpengaruh kepada nilai output dari frekuensi generator. Sehingga apabila nilai debit air ditambah, maka nilai dari frekuensi akan berbanding lurus dan nilai tegangan akan meningkat seperti pada Persamaan 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Kecepatan Generator



Gambar 4.3 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Frekuensi Generator



Gambar 4.4 Diagram Pengaruh Debit Air Terhadap Tegangan Generator

Hasil pengukuran pada tabel-tabel diatas dapat dilihat bahwa kecepatan putar generator, tegangan dan frekuensi naik secara signifikan dan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai debit air yang menjadi input generator dari pompa. Semakin besar debit air terhadap turbin turgo maka semakin tinggi pula RPM generator yang menghasilkan *output* generator berupa tegangan dan frekuensi semakin meningkat.

4.4 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

Pengujian generator didapatkan hasil seperti table diatas dan memiliki perbedaan antara hasil pengamatan dengan perhitungan yang menggunakan rumus :

$$f = \frac{n \times p}{120} \quad (4.4)$$

Keterangan :

f : Frekuensi (Hertz)

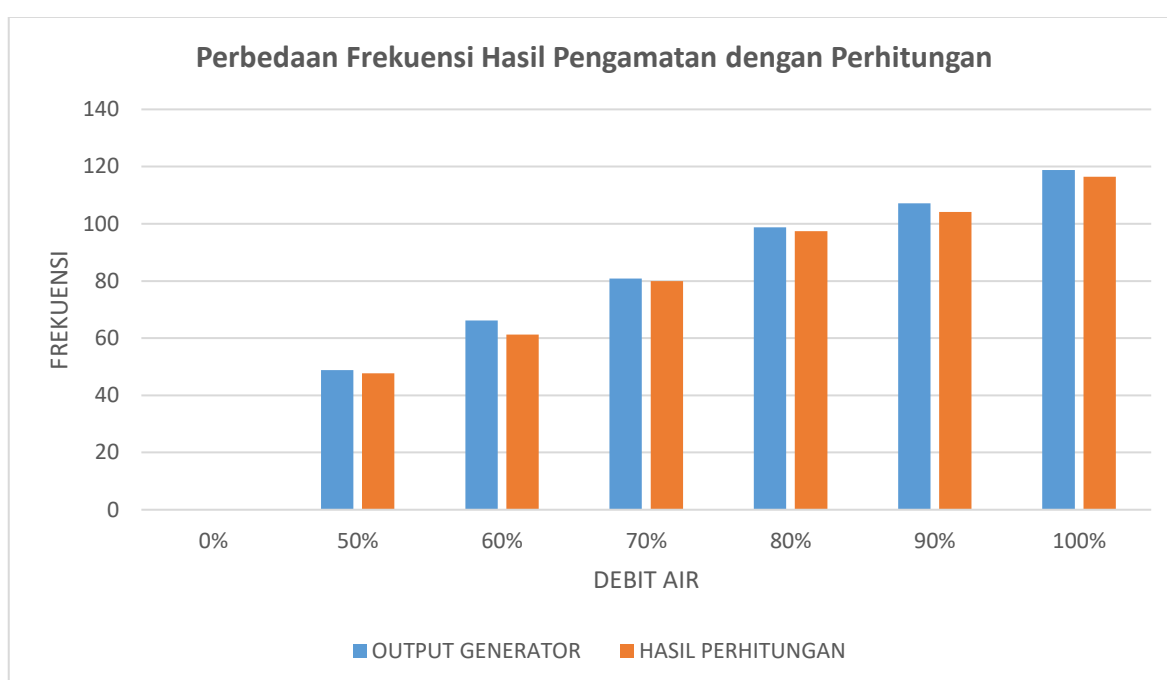
n : Kecepatan Putar Generator (RPM)

p : Jumlah Kutub Magnet

Dimana diketahui bahwa generator yang digunakan memiliki total 48 kutub magnet permanen. Maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.4 Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

No.	Debit Air	Output Generator Frekuensi (Hz)	Hasil Perhitungan Frekuensi (Hz)
1	0 %	0	0
2	50%	48,86	47,68
3	60 %	66,2	61,2
4	70 %	80,8	79.96
5	80 %	98,7	97,44
6	90 %	107,2	104,16
7	100 %	118,8	116,4



Gambar 4.5 Diagram Perbedaan Frekuensi Hasil Pengamatan dengan Perhitungan

Dari hasil pengamatan diatas pada alat pembangkit listrik tenaga pikohidro ini keluaran frekuensi generator memiliki perbedaan dengan hasil perhitungan. Perbedaan dari frekuensi tersebut dapat terjadi karena beberapa hal. Salah satunya yaitu putaran generator yang tidak konstan secara terus menerus, penentuan debit air yang menggunakan sistem manual dan penggunaan generator yang memakai motor dari mesin cuci bekas sehingga memiliki sedikit perbedaan.

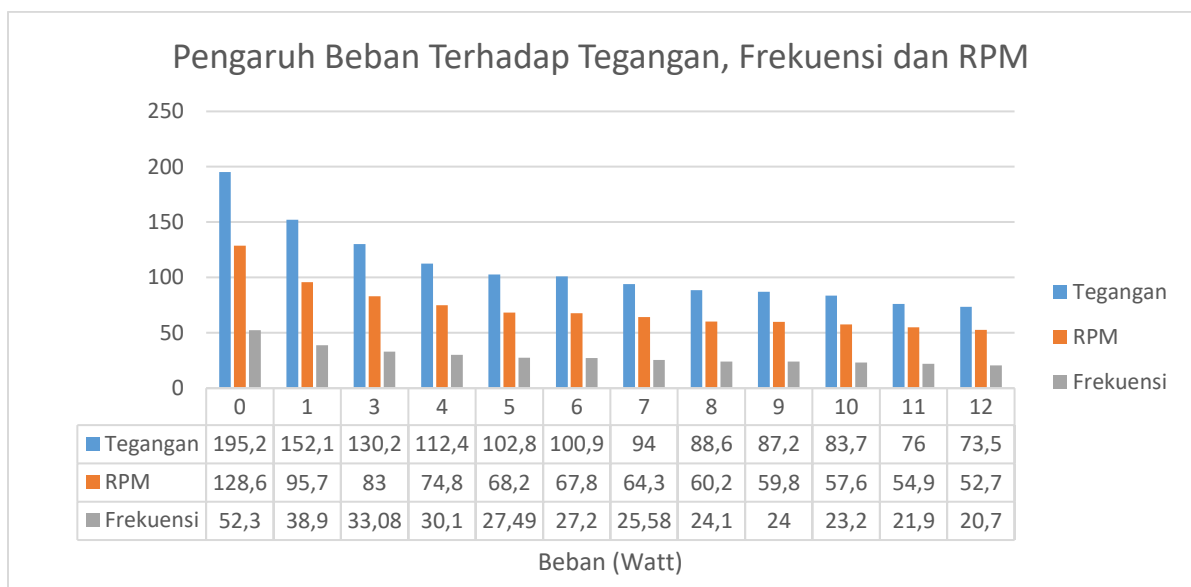
Hasil yang didapatkan pada percobaan akan dipilih sesuai dengan kriteria yang diinginkan untuk dijadikan input di sisi primer dari trafo. Nilai frekuensi 50 Hz yang digunakan sehingga debit air yang akan digunakan sebesar 50% agar frekuensi yang dikeluarkan berkisar 50 Hz.

4.5 Hasil *Output* Generator telah *distep up* Terhubung Dengan Beban

Pada tahap uji coba dengan menggunakan trafo untuk *step up* tegangan menggunakan port pada sisi primer trafo yang bernilai 16 Volt AC dikarenakan tegangan yang dihasilkan oleh generator pada nilai frekuensi 50Hz adalah bernilai 14,53 Volt AC. Sehingga digunakan nilai yang mendekati pada sisi primer.

Tabel 4.5 Hasil *Step up Output* Generator Terhubung Dengan Beban

No	Beban (Watt)	Tegangan Primer(Vp)	Tegangan Sekunder(Vs)	Arus Primer(mA)	Arus Sekunder(mA)	Frekuensi (hertz)	Kecepatan Putar (RPM)
1	0	14,53	195,2	0	0	52,30	128,6
2	1	11,33	152,1	50,5	3,9	38,90	95,70
3	3	9,6	130,2	74,0	5,6	33,08	83,00
4	4	8,5	112,4	90,2	6,9	30,10	74,80
5	5	7,6	102,8	100,8	7,6	27,49	68,20
6	6	7,5	100,9	103,9	7,8	27,20	67,80
7	7	7,1	94,0	106,2	8,1	25,58	64,30
8	8	6,5	88,6	112,3	8,3	24,10	60,20
9	9	6,3	87,2	115,2	8,4	24,00	59,80
10	10	6,1	83,7	117,5	8,6	23,20	57,60
11	11	5,7	76,0	118,3	8,8	21,90	54,90
12	12	5,3	73,5	126,1	9,1	20,70	52,70



Gambar 4.6 Diagram Pengaruh Beban Terhadap Tegangan, Frekuensi dan RPM

Dari hasil uji coba pada grafik diatas, dapat dilihat nilai nilai *output* dari generator yang berpengaruh ketika diberikan beban. Disaat beban bernilai 0 nilai tegangan bernilai 195,2 Volt AC

dengan frekuensi 52,3 Hz dan kecepatan putar turbin bernilai 128,6 RPM, kondisi tersebut ketika pada rangkaian sudah menggunakan trafo *step up* dengan frekuensi 50Hz dengan toleransi $\pm 10\%$.

Pada saat kondisi terbebani arus yang mengalir akan bertambah dari sebelum dibebankan, hal ini mengakibatkan putaran dari generator menjadi lebih lambat disebabkan adanya beban yang membutuhkan pasokan energi listrik lebih besar sehingga putaran generator akan menjadi lebih berat dengan nilai dari putaran generator atau RPM menurun.

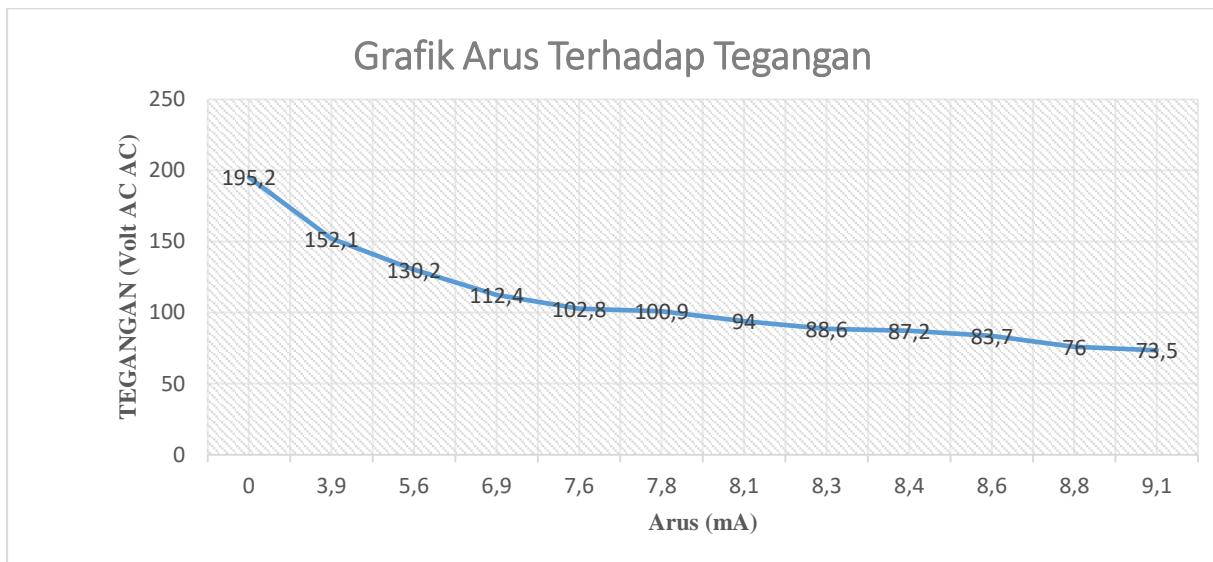
Nilai dari arus primer lebih besar dibandingkan dengan arus sekunder pada trafo. Dan berbanding terbalik dengan nilai tegangan, yang dimana nilai tegangan primer lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari tegangan sekunder. Hal tersebut benar terjadi dikarenakan sifat dari trafo *step up*.

Semakin besar beban yang terpasang pada rangkaian, maka semakin besar pula arus yang mengakibatkan putaran dari generator akan menurun dan apabila beban terlalu berat hingga mencapai batas maksimal dari generator maka akan berhenti berputar dikarenakan air yang tidak cukup kuat untuk memutar turbin dan generator.

Frekuensi generator berbanding terbalik dengan nilai daya beban yang dihubungkan. Semakin besar nilai daya bebannya maka semakin menurun nilai dari frekuensinya. Secara teori frekuensi generator akan berhubungan dengan kecepatan putar dari generator. Beban yang terhubung rangkaian akan mempengaruhi kecepatan putarnya. Sehingga pada dasarnya semakin besar beban yang terhubung pada rangkaian maka kekuatan penggerak mula pada generator harus dinaikan agar tegangan dan frekuensi yang dihasilkan menjadi konstan untuk suplai ke beban.

Pada kenyataannya dalam bidang pembangkit listrik ada alat yang bernama *governor* yang berfungsi untuk mengatur putaran dari turbin generator konstan dalam nilai *range* yang dikehendaki dalam pengaturannya, dengan menambah atau mengurangi jumlah debit air yang masuk ke turbin agar dapat mempertahankan daya masuk atau *power input* dengan permintaan daya menjadi konstan.

Sistem kerja dari governor di PLTA yaitu apabila terjadi perubahan permintaan suplai yang menyebabkan fluktuasi putaran dari turbin generator. Turbin membutuhkan sistem pengaturan debit air agar pada saat terjadi perubahan beban tidak mengakibatkan perubahan putaran turbin. Sebab efek dari perubahan putaran turbin tersebut akan berimbas keoutput generator.



Gambar 4.7 Grafik Arus Terhadap Tegangan

Tegangan *output* generator berbanding terbalik dengan daya beban yang terhubung pada rangkaian. Semakin besar daya beban maka semakin kecil nilai tegangan generatornya. Secara teori, ketika beban terhubung pada rangkaian maka arus akan mengalir pada lilitan di stator. Besarnya susut tegangan akan berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada rangkaian. Arus tersebut ditentukan oleh nilai daya beban yang dihubungkan. Semakin besar daya dari beban maka semakin besar nilai arus yang perlu disuplai generator untuk beban yang terhubung tersebut. Sehingga ketika beban yang terhubung dinaikan nilainya maka susut tegangan akan meningkat dan mempengaruhi tegangan, frekuensi dan kecepatan putar dari generator.

Terjadinya perubahan arus yang tidak konstan pada saat menerima beban yang teratur hingga 12 Watt dikarenakan beberapa faktor pada beban. Antara lain adalah merk dari lampu yang digunakan untuk pengujian beban sistem pembangkit listrik jenis turbin turgo.