

## BAB 4

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

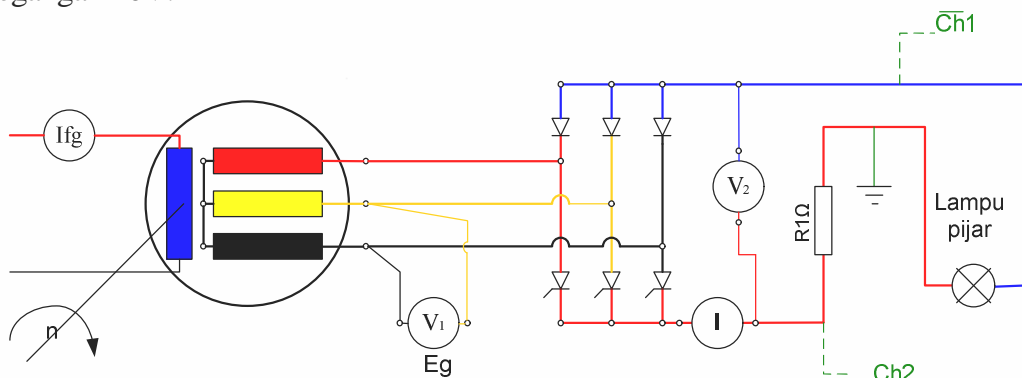
Pada tesis ini data simulasi PLTB dihasilkan dari generator sinkron yang putarannya divariasikan dari 200 rpm hingga 1500 rpm, tegangan yang dibangkitkan generator digunakan untuk mencatu baterai yang mempunyai kapasitas 45 Ah dengan tegangan baterai 12 V.

#### 4.1 Pengujian Pencatu Baterai.

Untuk mengetahui kinerja dari pencatu baterai PLTB perlu dilakukan beberapa pengujian, pengujian dengan mengatur kecepatan putar dari generator dengan arus penguat medan tetap dan pengujian dengan mengatur putaran generator dengan memvariasikan arus penguat medan generator agar didapatkan tegangan keluaran generator yang mampu untuk dikendalikan guna mencatu baterai. Perubahan tegangan yang diakibatkan perubahan putaran maupun perubahan besar arus penguat medan generator akan menentukan besar sudut penyulutan SCR agar tegangan keluaran dari rangkaian penyearah terkendali dapat digunakan untuk mencatu baterai

##### 4.1.1 Hasil pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dengan beban resistip.

Pada pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali, medan penguat generator diputar dengan kecepatan 200 rpm hingga 1500 rpm dan arus penguat medan diatur bertahap hingga tegangan antar line pada jangkar mencapai tegangan 20V.



Gambar 4.1 Rangkaian pengujian penyearah terkendali dengan beban resistip

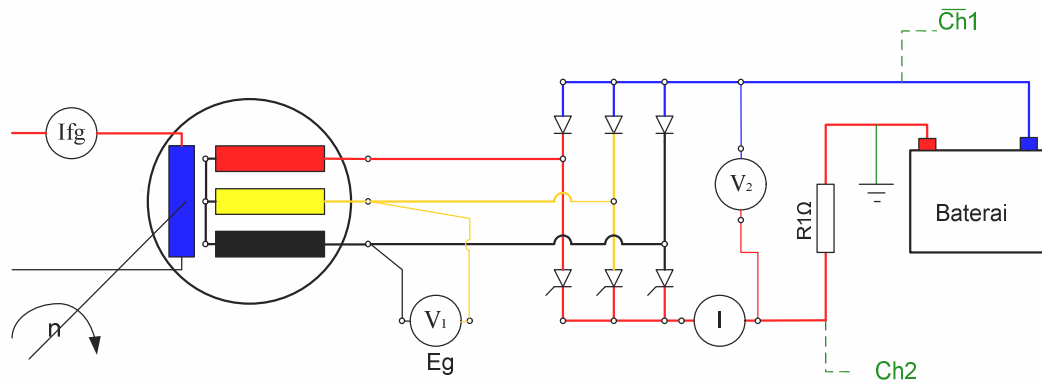
Tabel 4.1

Data pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dengan beban resistip, tegangan keluaran generator dipertahankan 20V tetap sedang putaran maupun arus penguat medan generator dirubah.

Putaran (rpm)	I <sub>fg</sub> (Ampere )	Tegangan generator E <sub>g</sub> ( Volt )
1500	0,051	20
1400	0,056	20
1300	0,059	20
1200	0,068	20
1100	0,076	20
1000	0,084	20
900	0,092	20
800	0.104	20
700	0,122	20
600	0,139	20
500	0,176	20
400	0,204	20
300	0,266	20
200	0,512	20

#### **4.1.2 Pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dengan perubahan putaran dan arus penguat medan generator tetap**

Pada pengujian ini terminal keluaran generator dihubungkan pada suatu rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali, setiap perubahan putaran arus penguat medan generator (I<sub>fg</sub>) di buat tetap sehingga tegangan antar fasa keluaran generator mengalami perubahan besarnya. Tegangan ini merupakan masukan dari rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali yang digunakan untuk mencatu baterai, seperti pada gambar 4.2 rangkaian pengujian pengisian baterai .



Gambar 4.2 Rangkaian pengujian pencatu baterai

Tabel 4.2

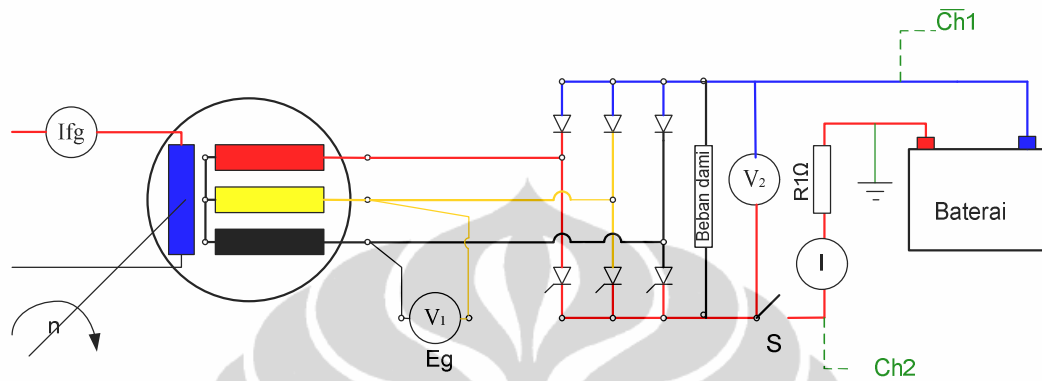
Data pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dengan arus penguat medan generator tetap sedang putaran berubah

pada putaran (rpm)	Arus Penguat medan $I_{fg}$ (Ampere )	$E_g$ ( Volt )
1500	0,3	116,30
1400	0,3	109,20
1300	0,3	102,30
1200	0,3	95,40
1100	0,3	86,80
1000	0,3	78,90
900	0,3	70,60
800	0,3	63,60
700	0,3	55,50
600	0,3	48,10
500	0,3	39,03
400	0,3	31,68
300	0,3	24,04
200	0,3	16,70

#### 4.1.3 Pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dalam mencatu baterai dengan putaran generator berubah sedang arus penguat medan tetap

Pada pengujian ini terminal keluaran generator dihubung suatu rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali, sedang keluaran dari

rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali digunakan untuk mencatu baterai, suatu saklar (S) dipasang guna melihat tegangan hasil penyearahan sebelum digunakan untuk mencatu baterai maupun saat digunakan mencatu baterai dan mengamati arus pengisian baterai.



Gambar 4.3 Rangkaian pengujian pencatu baterai

Tabel 4.3

Data pengujian penyearah terkendali sebagai pencatu daya baterai dengan  $I_{fg}$  (arus penguat medan generator) tetap, arus pengisian baterai dipertahankan konstan dan tegangan baterai 12V

Putaran (rpm)	$I_{fg}$ (Ampere )	$E_g$ ( Volt )	V2 ( Volt ) tidak mencatu baterai	V2 ( Volt ) mencatu baterai	I (Ampere )
1500	0,313	107,30	29,20	13,70	1,300
1400	0,313	100,50	29,20	13,60	1,290
1300	0,313	94,20	37,01	13,80	1,290
1200	0,313	87,30	37,60	13,50	1,200
1100	0,313	79,70	32,80	13,30	1,200
1000	0,314	76,2 0	29,09	12,80	1,062
900	0,315	68,8 0	31,99	12,60	0,966
800	0,316	61,9 0	33,53	12,63	0,984
700	0,315	53,7 0	34,00	12,79	0,952
600	0,318	46,70	33,20	13,23	0,942
500	0,318	38,60	26,20	12,30	0,830
400	0,319	31,68	19,86	12,63	0,227
300	0,317	23,26	17,50	12,50	0,154
200	0,317	15,60	13,90	12,90	0,113

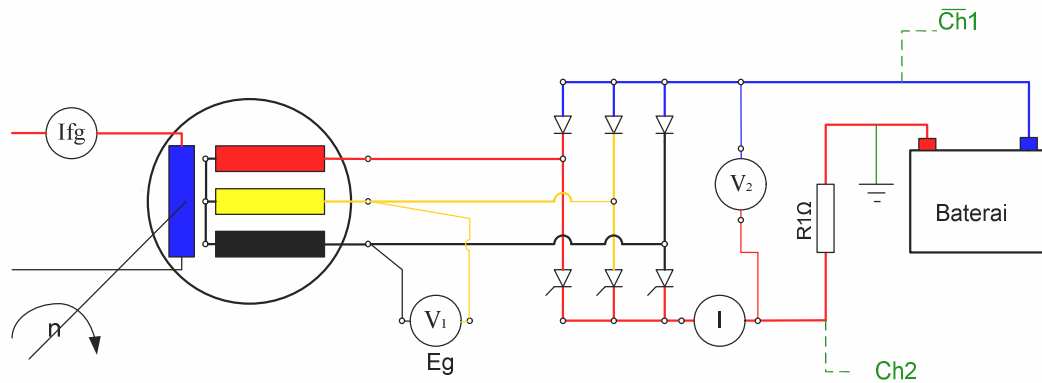
Tabel 4.4

Data pengujian penyearah terkendali sebagai pencatu daya baterai dengan Ifg (arus penguat medan generator ) tetap arus pengisian baterai dipertahankan konstan dan tegangan baterai 24V.

Putaran (rpm)	Ifg (Ampere )	Eg ( Volt )	V2 ( Volt ) Tidak mencatu baterai (S Buka)	V2 ( Volt ) mencatu baterai ( S tutup)	I (Ampere )
1500	0,414	146,80	45,30	22,53	1,268
1400	0,414	137,50	46,20	22,98	1,245
1300	0,413	130,60	46,60	22,87	1,232
1200	0,411	116,40	47,70	22,37	1,207
1100	0,411	108,90	49,20	22,23	1,177
1000	0,411	97,4 0	45,40	22,40	1,214
900	0,411	91,4 0	38,80	22,90	1,098
800	0,412	83,9 0	37,45	23,91	1,099
700	0,412	74,0 0	39,00	24,03	1,083
600	0,413	59,10	39,20	24,15	1,075
500	0,414	59,60	39,40	24,49	1,097
400	0,415	38,90	44,50	26,42	1,030
300	0,429	30,80	33,44	24,60	0,517
200	0,649	27,94	30,65	22,86	0,488

#### 4.1.4 Pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali dalam mencatu baterai dengan putaran maupun arus penguat medan generator tetap dan arus pengisian baterai dijaga konstan.

Pada pengujian ini terminal keluaran generator dihubung suatu rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali, sedang keluaran dari rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali digunakan untuk mencatu baterai, besar arus pengisian baterai dijaga konstan dengan cara mengatur sudut penyulutan dari SCR yang ada pada rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali.



Gambar 4.4 Rangkaian pengujian pencatu baterai

Tabel 4.5

Data pengujian penyearah 3Ø terkendali sebagai pencatu daya baterai

	Arus Penguat medan Ifg (Ampere) tetap agar dihasilkan Tegangan penyearahan pencatu baterai V2 ( 12 Volt )		
pada putaran (rpm)	Ifg (Ampere )	V2( Volt )AS	I(Ampere )AS
1500	0,313	13,70	1,300
1400	0,313	13,60	1,280
1300	0,313	13,80	1,290
1200	0,313	13,50	1,200
1100	0,313	13,30	1,200
1000	0,314	12,82	1,064
900	0,314	12,98	1,075
800	0,314	13,19	1,051
700	0,314	13,59	1,043
600	0,314	13,85	1,013
500	0,314	13,92	0,950
400	0,314	13,13	0,731
300	0,314	12,75	0,530
200	0,314	11,98	0,252

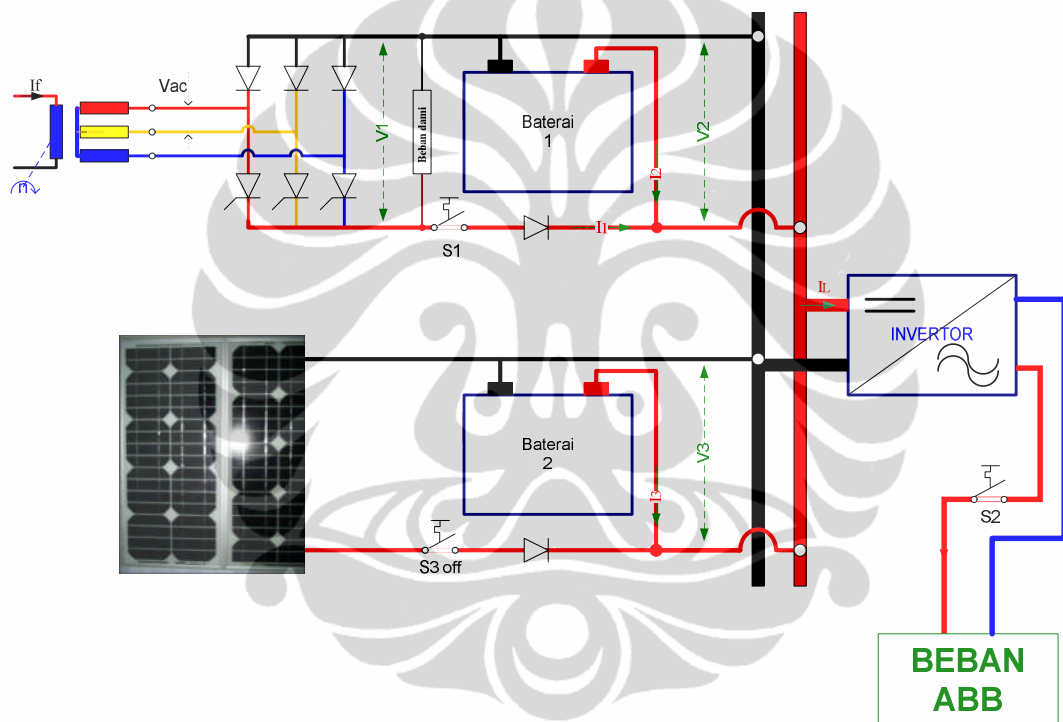
Tabel 4.6

Data pengujian penyearah 3 $\emptyset$  terkendali sebagai pencatu daya baterai

	Arus Penguat medan Ifg (Ampere) tetap agar dihasilkan Tegangan penyearahan pencatu baterai V2 ( 24 Volt )		
pada putaran (rpm)	Ifg (Ampere )	V2( Volt ) <sub>AS</sub>	I(Ampere ) <sub>AS</sub>
1500	0,414	22,53	1,268
1400	0,414	22,98	1,245
1300	0,413	22,87	1,232
1200	0,411	22,37	1,207
1100	0,411	22,23	1,177
1000	0,411	22,40	1,214
900	0,411	22,90	1,098
800	0,412	23,91	1,099
700	0,412	24,03	1,083
600	0,413	24,15	1,075
500	0,414	24,49	1,097
400	0,415	26,42	1,030
300	0,429	24,60	0,517
200	0,649	22,86	0,488

#### 4.2. Pengujian PLTB simulator Disambungkan dengan Jaringan AS

Pada pengujian ini terminal keluaran generator dihubungkan suatu rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali, sedang keluaran dari rangkaian penyearah gelombang penuh setengah terkendali digunakan untuk mencatu baterai, tegangan keluaran penyearah dikendalikan besarnya sehingga besar arus keluaran PLTB menjadi konstan sedang putaran yang diberikan difariasika besarnya,



Gambar 4.5 Rangkaian PLTB dan modul PV pada jaringan AS mikro

Dalam pengambilan data saklar S1 digunakan untuk meng hubung dan memutus arus yang dihasilkan PLTB dengan baterai maupun jaringan AS ,saklar S2 digunakan untuk menghubungkan maupun memutus invertor dengan beban ABB sedang saklar S3 digunakan untuk meng hubung dan memutus arus yang dihasilkan PV dengan baterai maupun jaringan AS



Tabel 4.7

Data pengujian PLTB yang dihubungkan dengan jaringan AS.

n (rpm)	If (Amper)	Eg (Volt)	V1 (Volt) S1off, S2off	V1 (Volt) S1 on, S2off	V1 (Volt) S1on, S2on	I1 (Ampere) S2 off	I1 (Ampere) S2 on	V2 (Volt) S2off	V2 (Volt) S2on	I2 (Ampere) S2 off	I2 (Ampere) S2 on	V3 (Volt) S2 off	V3 (Volt) S2on	I3 (Ampere) S2 off	I3 (Ampere) S2 on
200	0,313	15,5	18,8	13,4	13	0,31	0,37	12,4	12	-0,19	2,68	12,2	11,7	-0,04	1,2
300	0,312	27,12	33,6	14,2	13,6	1,21	1,25	12,4	12	-0,74	2,04	12,3	11,9	-0,78	0,89
400	0,312	34,97	42,9	14,4	13,8	1,45	1,46	12,4	12	-0,86	1,89	12,3	11,9	-0,89	0,77
500	0,312	41,9	50,1	14,1	13,7	1,53	1,53	12	12	-1,05	1,85	12,1	11,7	-0,83	0,76
600	0,312	49,5	57,3	14,7	13,9	1,52	1,53	12,7	12,1	-0,78	1,87	12,5	12	-1,05	0,68
700	0,312	5,64	61,2	14,5	13,7	1,54	1,54	12,6	12	-0,85	1,83	12,4	11,9	-0,99	0,76
800	0,312	63,7	62,4	14,2	13,7	1,52	1,53	12,3	11,9	-1,01	1,22	12,2	11,7	-0,82	0,73
900	0,312	70,6	63,5	14,4	13,8	1,56	1,56	12,4	12	-0,96	1,85	12,3	11,8	-0,99	0,71
1000	0,315	79	63	14	13,6	1,54	1,54	12,2	11,9	-1,14	1,89	12,1	11,7	-0,74	0,68
1100	0,312	85,1	62,1	14,1	13,6	1,5	1,5	12,2	11,9	-1,08	1,87	12,1	11,7	-0,76	0,75
1200	0,313	92,4	61,7	14	13,6	1,48	1,48	12,2	11,9	-1,1	1,87	12	11,7	-0,72	0,77
1300	0,313	100	59,5	14	13,6	1,47	1,47	12,1	11,9	-1,08	1,87	12,1	11,7	-0,76	0,78
1400	0,313	107,6	58,9	14,2	13,6	1,54	1,54	12,3	11,9	-1,15	1,81	12,2	11,8	-0,86	0,73
1500	0,313	114,6	62,4	14	13,5	1,54	1,55	12,3	11,9	-1,04	1,81	12,1	11,7	-0,83	0,74

Keterangan :

S1on = PLTB mencatu jaringan

S3 on = Modul PV mencatu jaringan

S2 on = Jaringan mencatu beban

S1off = PLTB tidak mencatu jaringan

S3 off = Modul PV tidak mencatu jaringan

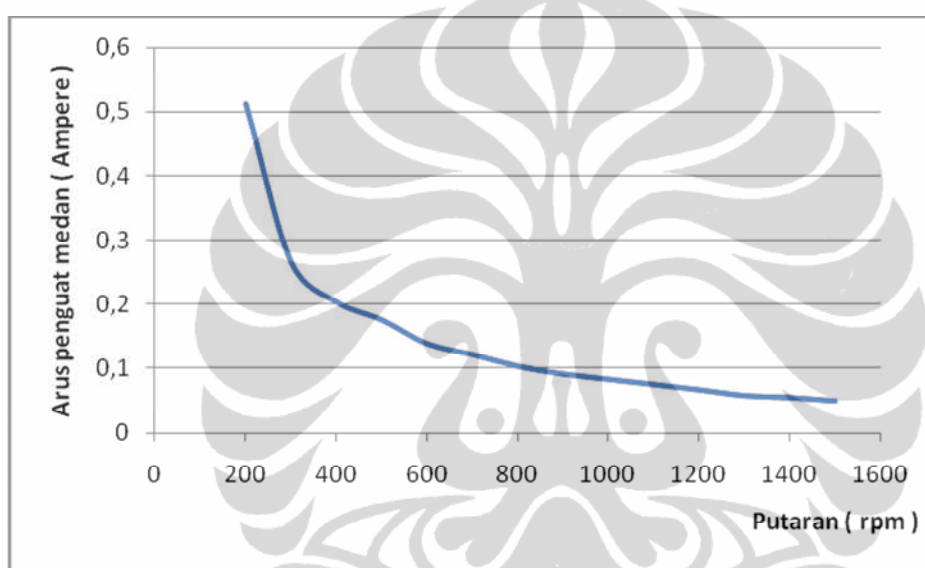
S2 off = Jaringan tidak mencatu beban

Kondisi awal: Baterai 1 terisi 90%, Baterai 2 terisi 85%

### 4.3 Analisa Data

#### 4.3.1 Pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali saat tegangan jangkar tetap.

Berdasar data pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali, medan penguat generator diputar dengan kecepatan yang tertentu dan arus penguat medan diatur bertahap hingga tegangan antar line pada jangkar besarnya tetap 20V, seperti dinyatakan pada tabel 4.1 dapat digambarkan grafik arus penguat medan fungsi putaran generator.

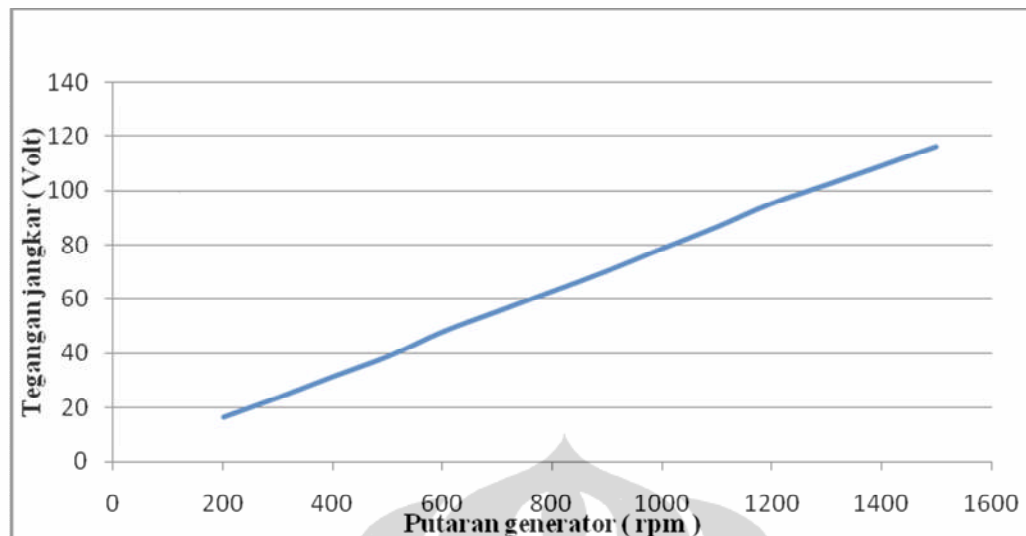


Gambar 4.6 Arus penguat medan fungsi putaran generator.

Dari gambar 4.6 terlihat untuk mendapatkan tegangan keluaran generator sebesar 20 V, bila putaran yang diberikan pada generator kecil maka diperlukan arus penguat medan yang besar, sedang untuk putaran yang tinggi diperlukan arus penguat medan yang kecil.

#### 4.3.2 Pengujian generator sebagai pencatu daya penyearah terkendali saat arus penguat medan tetap.

Berdasar data pengujian generator saat diberikan arus penguat medan tetap sedang putaran dirubah bertahap dari 200 rpm hingga 1500rpm seperti tercantum pada tabel 4.2 dapat digambarkan grafik tegangan jangkar fungsi putaran generator.

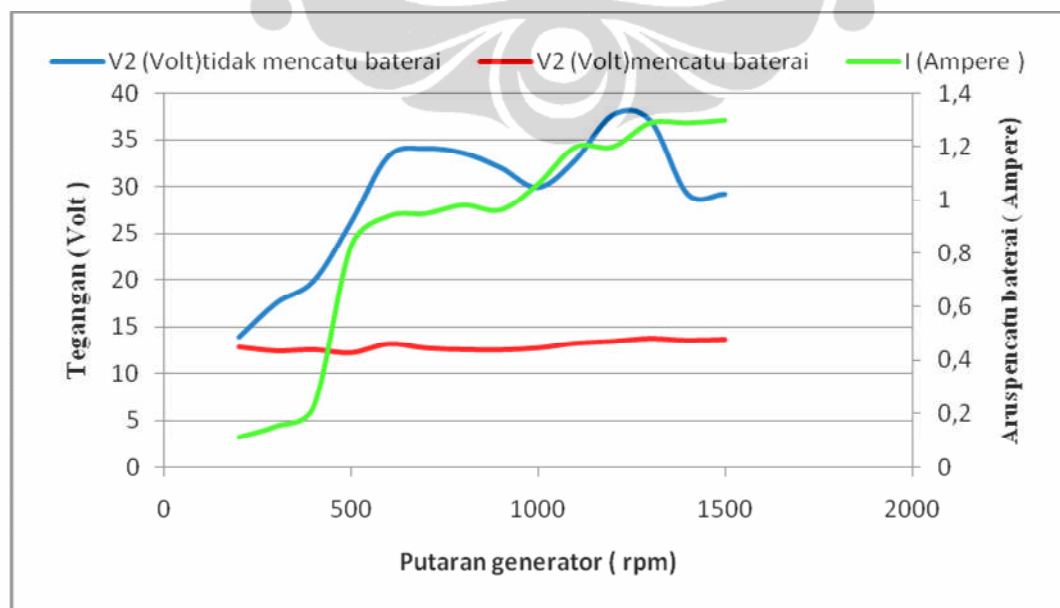


Gambar 4.7 Tegangan jangkar sebagai fungsi putaran generator

Dari gambar 4.7 grafik tegangan jangkar fungsi putaran generator terlihat pada arus penguat medan generator yang sama, bila generator diberi putaran tinggi tegangan yang dihasilkan besar dan bila putaran generator kecil maka tegangan yang dihasilkan juga kecil .

#### 4.3.3 Penentuan arus pengisian baterai

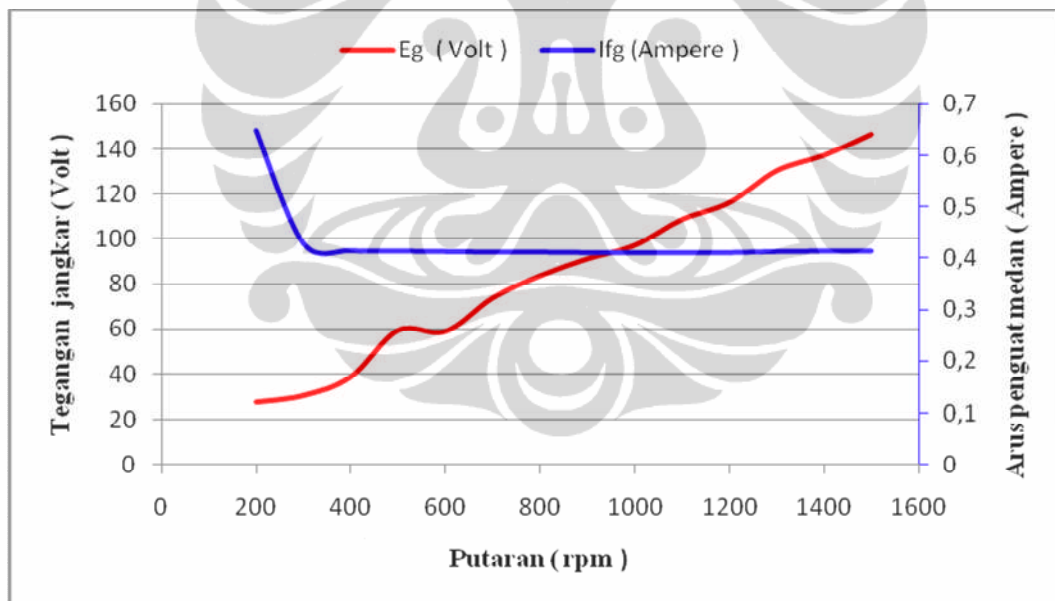
Untuk menentukan besar kecilnya arus pengisian baterai sangat dipengaruhi oleh putaran, berdasar tabel 4.3 dapat digambarkan grafik tegangan penyearahan , maupun arus pengisian baterai sebagai fungsi putaran.



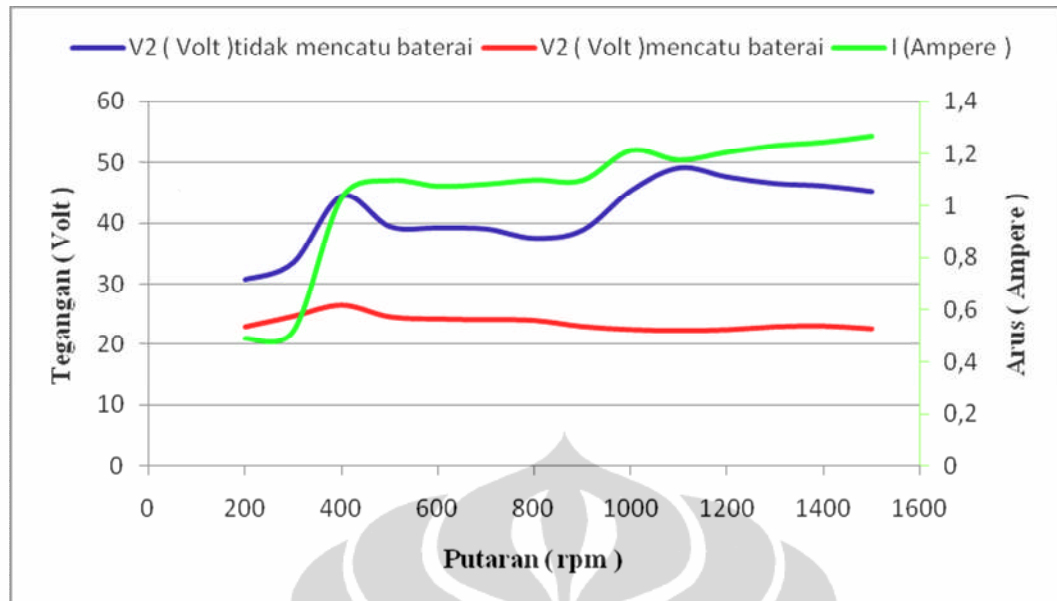
Gambar 4.8 tegangan keluaran penyearah, tegangan catu baterai dan arus pengisian baterai sebagai fungsi putaran generator

Dari gambar 4,8 terlihat untuk dapat menghasilkan arus pengisian baterai lebih besar dari 1 Ampere bisa dicapai bila putaran yang diberikan harus lebih besar dari 500 rpm (*cut in speed*) sedang tegangan baterai saat pengisian terlihat konstan 12V, berdasar grafik tersebut juga terlihat bahwa kenaikan tegangan hasil penyearahan sebanding dengan arus pencatu baterai.

Berdasar tabel 4.4 dapat digambarkan grafik arus penguat medan, tegangan jangkar fungsi putaran generator ,seperti terlihat pada gambar 4,8 terlihat untuk putaran lambat dibawah 400 rpm (*cut in speed*) tegangan yang dihasilkan generator masih lebih kecil dari 40 Volt sedang arus penguat medan yang diberikan harus lebih besar dari 0,6 Ampere, dan pada gambar 4,9 terlihat arus pencatu baterai yang dihasilkan pada putaran dibawah 400 rpm , besar arus pencatu baterai lebih kecil dari 1 Ampere.

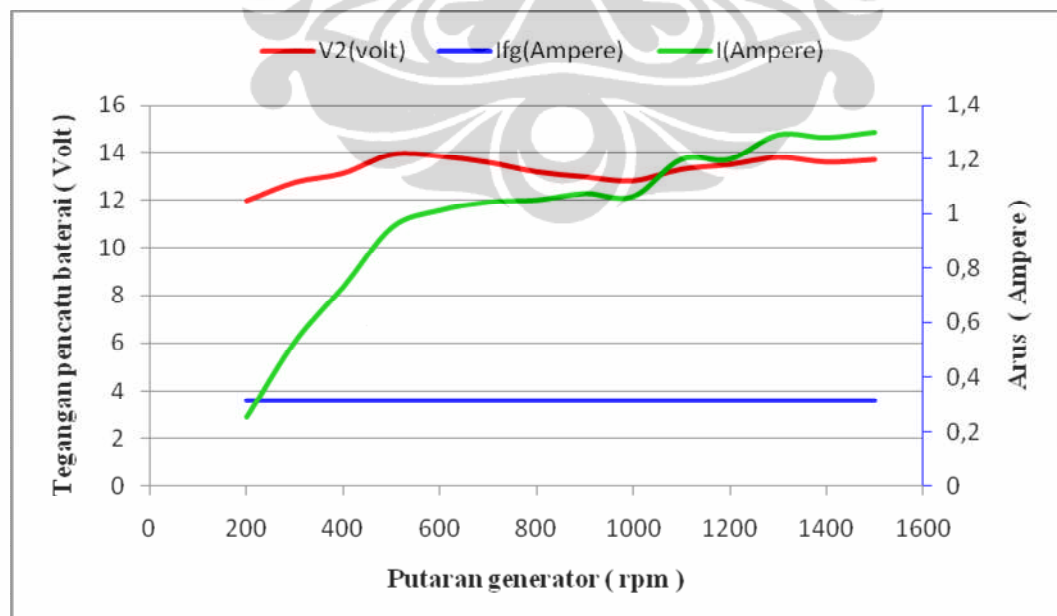


Gambar 4.9 Arus penguat medan, tegangan jangkar sebagai fungsi putaran generator



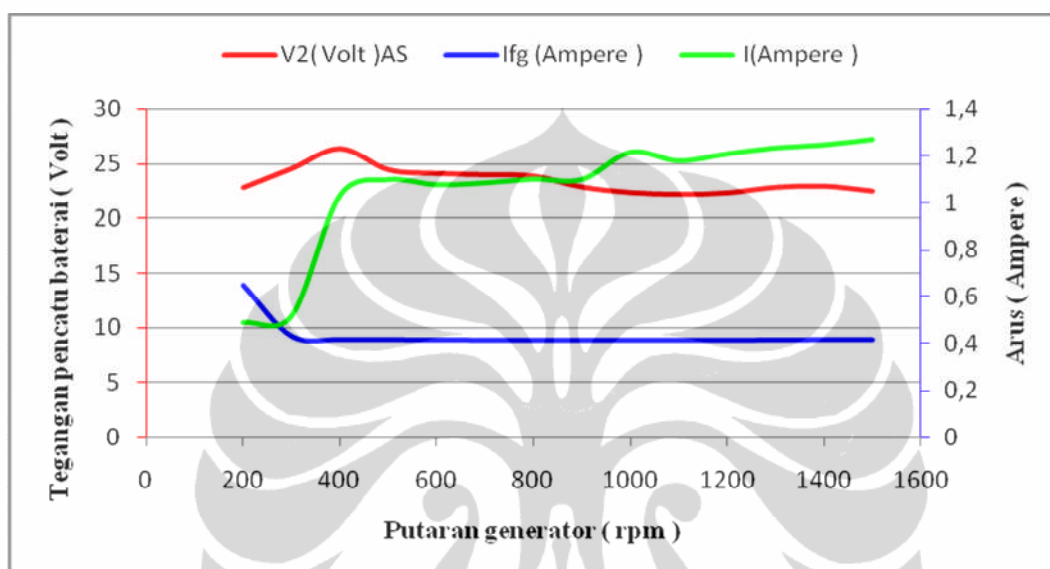
Gambar 4.10 Arus pencatu baterai, tegangan penyearahan dan tegangan baterai sebagai fungsi putaran generator

Berdasar tabel 4.5 dapat digambarkan grafik arus penguat medan, arus pencatu baterai, dan tegangan hasil penyearahan sebagai fungsi putaran generator (gambar4,11), pada data ini tegangan pencatu baterai dipertahankan pada 12 Volt dan arus penguat medan generator dibuat tetap 0,314 Ampere



Gambar 4.11 Arus penguat medan, arus pencatu baterai, dan tegangan penyearahan 12 Volt sebagai fungsi putaran generator

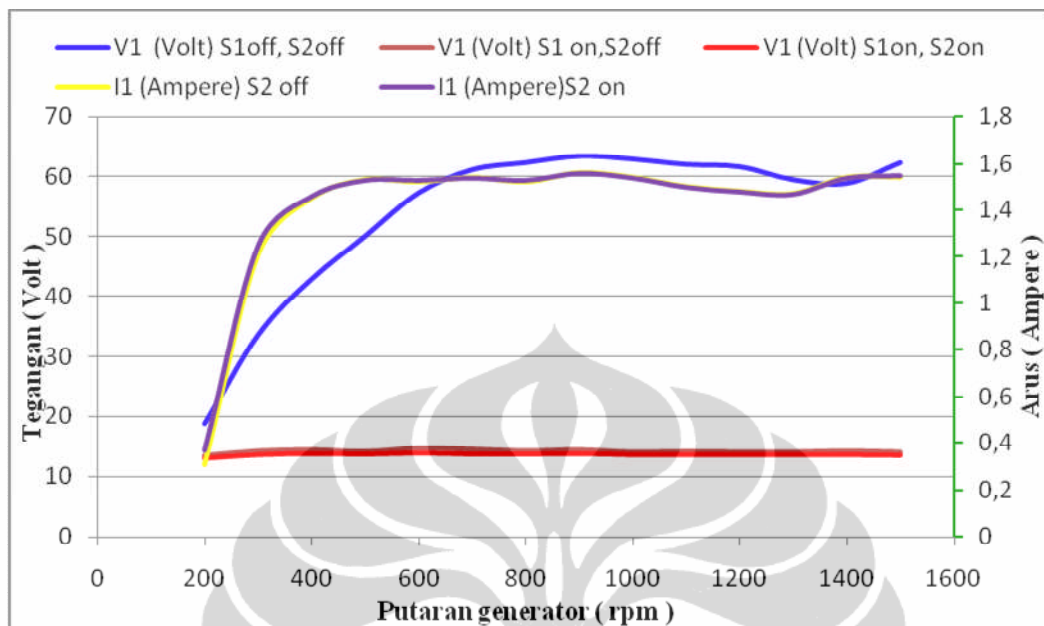
Berdasar gambar 4,10 terlihat bahwa arus pengisian baterai dipengaruhi oleh putaran, makin berdasar putaran, arus pengisian baterai yang dihasilkan juga lebih besar. Berdasar tabel 4.6 dapat digambarkan grafik arus penguat medan, arus pencatu baterai, dan tegangan hasil penyearahan sebagai fungsi putaran generator (gambar 4,12), pada data ini tegangan pencatu baterai dipertahankan pada 24 Volt dan arus penguat medan generator dibuat tetap 0,414 Ampere



Gambar 4.12 Arus penguat medan, arus pencatu baterai, dan tegangan penyearahan 24 Volt sebagai fungsi putaran generator. Pada gambar 4,11 dapat dilihat bahwa arus pengisian baterai lebih besar dari 1 Ampere akan dapat dihasilkan bila putaran yang diberikan pada generator lebih besar dari 400 rpm (*cut in speed*). Untuk menghasilkan tegangan generator agar mampu digunakan untuk mencatu baterai pada putaran lebih kecil dari 400 rpm diperlukan arus penguat medan lebih besar dari 0,4 A.

#### 4.3.4 Pengujian PLTB disambungkan dengan jaringan AS mikro

Berdasar tabel 4.6 dapat digambarkan tegangan pencatu baterai dan arus pengisian baterai fungsi putaran generator, seperti terlihat pada gambar 4,12 besar arus pencatu baterai dipengaruhi oleh putaran, sedang beban inverter tidak mengakibatkan perubahan tegangan yang dicatu PLTB, pada putaran lebih kecil dari 400rpm arus dari PLTB dibawah 1 Ampere, sedang tegangan baterai maupun jaringan cukup stabil berkisar antara 13 Volt dan 14 Volt.



Gambar 4.13 Tegangan dan arus pengisian baterai sebagai fungsi putaran generator

Keterangan :

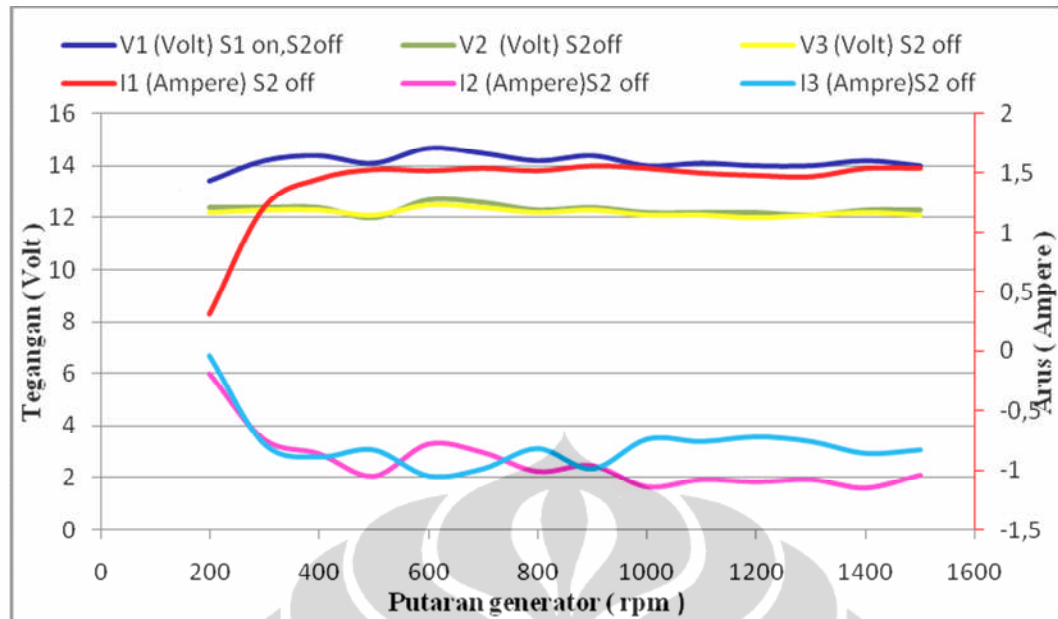
S1on = PLTB mencatu jaringan

S1off = PLTB tidak mencatu jaringan

S2 on = Jaringan mencatu beban

S2 off = Jaringan tidak mencatu beban

Berdasar tabel 4.6 dapat digambarkan tegangan pada jaringan AS dan arus pengisian baterai fungsi putaran generator terlihat pada gambar 4,13 besar arus pencatu baterai yang berasal dari PLTB saat jaringan tidak dibebani maka arus yang masuk pada jaringan dapat berfungsi mencatu baterai yang tersambung pada jaringan AS, sedang tegangan dari PLTB mempunyai tegangan lebih besar dari pada tegangan pada jaringan maupun pada masing masing baterai.



Gambar 4.14 Tegangan pada jaringan AS dan arus catu baterai sebagai fungsi putaran generator ( saat jaringan tidak dibebani )

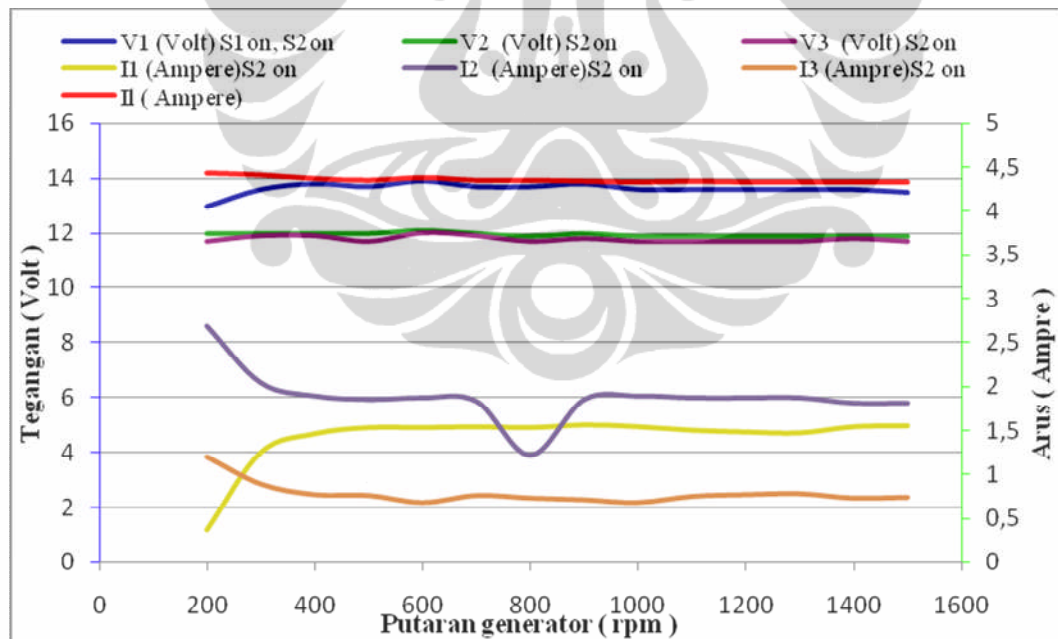
Keterangan :

S1on = PLTB mencatu jaringan

S1off = PLTB tidak mencatu jaringan

S2 on = Jaringan mencatu beban

S2 off = Jaringan tidak mencatu beban



Gambar 4.15 Tegangan pada jaringan AS dan arus beban sebagai fungsi putaran generator

Keterangan :

S1on = PLTB mencatu jaringan

S1off = PLTB tidak mencatu jaringan

S2 on = Jaringan mencatu beban

S2 off = Jaringan tidak mencatu beban



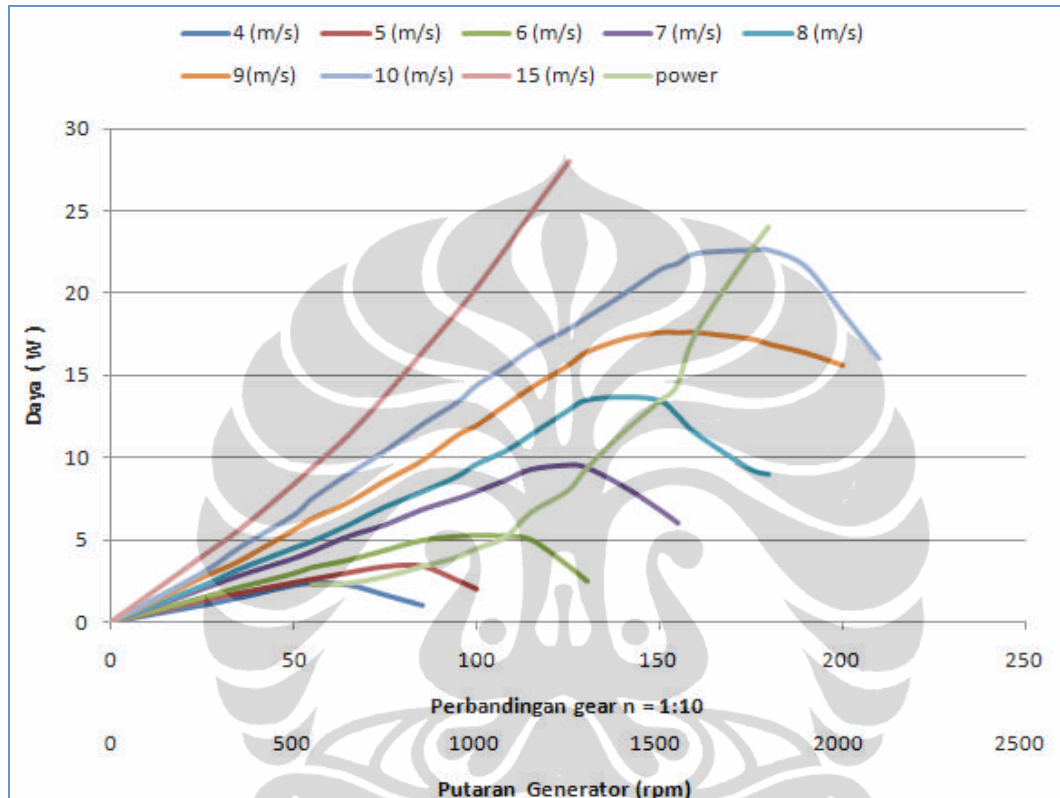
Pada gambar 4,14 besar arus pencatu baterai yang berasal dari PLTB simulator saat dibebani maka arus yang dihasilkan PLTB masuk pada jaringan dapat berfungsi mencatu kebutuhan beban sedang kekurangan arus akibat pembebanan dipenuhi oleh energi yang berasal dari masing masing baterai yang terhubung dengan jaringan, pada kondisi ini PLTB mempunyai tegangan lebih besar dari pada tegangan pada jaringan maupun pada masing masing baterai.

Pada PLTB yang terhubung dengan jaringan AS besar arus yang dihasilkan akan digunakan untuk mencatu baterai yang terhubung dengan jaringan bila jaringan AS tidak digunakan untuk mencatu beban , tetapi bila jaringan digunakan untuk mencatu beban, arus yang dihasilkan PLTB akan digunakan untuk mencatu beban, sedang bila arus yang digunakan beban lebih besar dari arus yang dicatu PLTB maka kekurangan ini akan dicatu oleh baterai yang terhubung pada jaringan.

Besar arus yang dicatu oleh masing- masing baterai dipengaruhi oleh kapasitas energi yang tersimpan pada baterai yang terhubung dengan jaringan AS.

### 4.3.5 Pengoperasian simulator PLTB

Untuk dapat mengoperasikan PLTB simulator dengan menggunakan turbin angin, diperlukan roda gigi dengan perbandingan 1:10, sehingga didapatkan karakteristik seperti pada gambar 4.16



Gambar 4.16 Daya sebagai fungsi kecepatan putar generator putar .<sup>[14]</sup>

Dengan perbandingan 1:10 maka untuk menghasilkan putaran generator minimum 300 rpm (*Cut in speed*) dapat dilakukan bila rotor turbin menghasilkan putaran 30 rpm dengan kecepatan angin rata-rata 4(m/s) sedang untuk menghasilkan putaran generator 1500 rpm (*maximum rpm*) dapat dicapai saat rotor turbin angin berputar dengan kecepatan 150 rpm dengan kecepatan angin 8(m/s) (*max wind speed*)