

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rangkaian *direct current* (DC) *buck boost converter* yang digunakan sebagai penaik tegangan dan penurun tegangan. Rangkaian ini dikendalikan menggunakan mikrokontroler *arduino nano*. Sensor tegangan dan sensor arus akan mengirimkan sinyal ke arduino berupa data ADC kemudian diolah apakah rangkaian *converter* berada pada mode *buck* ataupun pada mode *boost* tergantung pada nilai tegangan *input* dan *set point* yang diberikan. Rangkaian *direct current buck boost converter* akan menerima sumber dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Pembangkit listrik tenaga mikrohidro menggunakan air sebagai sumber, turbin air, dan generator sebagai pembangkit. Model turbin air yang digunakan berjenis turbin pelton dengan sudu berjumlah 16 buah. Dari turbin dihubungkan dengan generator dc terlebih dahulu dipasang *gearbox* agar jumlah putaran yang diinginkan tercapai. Rasio *gearbox* yang digunakan adalah 1:3, artinya turbin air berputar sebanyak 1 kali dan generator akan mendapatkan putaran sebanyak 3 kali.

Dalam bab ini akan dibahas hasil pengujian yang dilakukan bagian demi bagian, mulai dari pengujian pembangkit listrik tenaga mikrohidro, pengujian *buck boost converter*, pengujian nilai *duty cycle*, pengujian sensor tegangan, pengujian sensor arus, dan pengujian sistem secara keseluruhan.

4.1 Spesifikasi Alat

Alat yang dirancang pada laporan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

1. Turbin : Turbin Pelton dengan sudu 16 buah
2. Dimensi : P x L x T = 50 x 35 x 55
3. Generator DC : 0-24 Volt DC
4. Buck Boost Converter: 7,5 volt - 20 volt

4.2 Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pengujian dilakukan dengan sumber air yang berasal dari pompa listrik. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan output yang dihasilkan oleh generator berdasarkan variabel RPM (radian per minute). pengujian dilakukan menggunakan *multimeter* sebagai pengukur tegangan dan *tachometer* sebagai pengukur RPM. Debit air diukur dengan menggunakan *stopwatch* yaitu dengan cara mengisi wadah bervolume, lalu dihitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah tersebut.

Adapun prosedur pengambilan data menggunakan *multimeter* dan *tachometer* dapat dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1 Prosedur Pengukuran Menggunakan *Multimeter* dan *Tachomete*

Hasil pengujian yang diukur dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut.

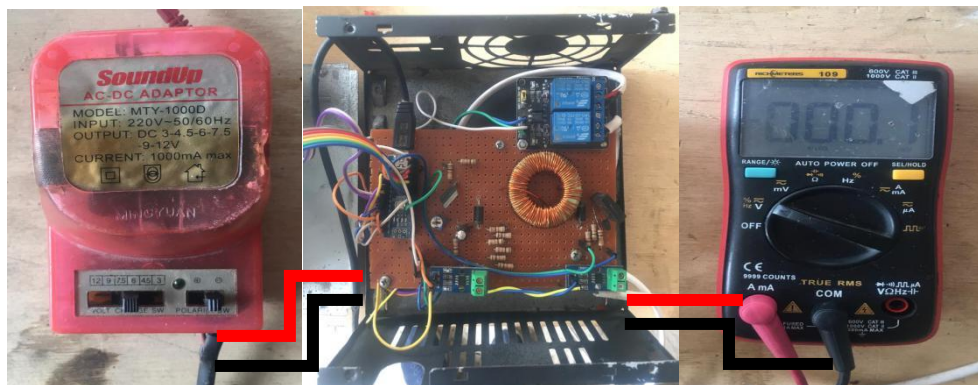
Tabel 4.1 Hasil Pengujian PLTMH

No	Debit Air	RPM Turbin	RPM Generator	Output PLTMH	
				V	I
1	1 L/Menit	56,7	170,1	9,25	0,11
2	1,5 L/Menit	58,9	176,7	9,56	0,12
3	2 L/Menit	59,3	177,9	9,77	0,12
4	4 L/Menit	61,4	184,2	10,2	0,15
5	5 L/Menit	62,9	188,7	10,5	0,15
6	6 L/Menit	68	204	11,34	0,13
7	6,5 L/Menit	69,9	209,7	11,72	0,12
8	7 L/Menit	70,4	211,2	12,04	0,15
9	10 L/Menit	91,7	275,1	14,34	0,20

Berdasarkan hasil pengukuran pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar debit air yang diberikan kepada turbin maka rpm dari turbin dan generator akan semakin besar dan tegangan *output* yang dihasilkan oleh generator akan semakin besar. Putaran maksimum yang mampu dihasilkan oleh pompa air adalah 91,7 rpm dengan gearbox rasio 1:3 maka putaran generator menjadi 275,1 rpm yang menghasilkan tegangan output sebesar 14,34 volt.

4.3 Pengujian Tegangan Output *Buck Boost Converter*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian *buck boost converter* dengan *input* variabel dan mengetahui nilai *error* berdasarkan perbandingan nilai tegangan output yang dihasilkan oleh *buck boost converter* dengan tegangan *set point* yang diberikan. Adapun prosedur pengukuran tegangan output dari rangkaian *buck boost converter* menggunakan *variable power supply* yang dapat dilihat pada gambar 4.2.

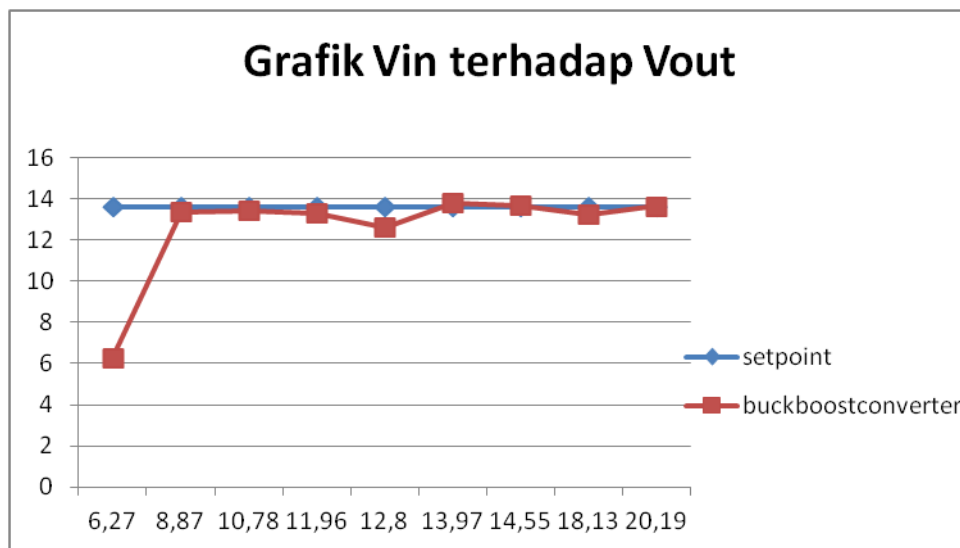


Gambar 4.2 Prosedur Pengujian Tegangan Output *Buck Boost Converter*

Data hasil pengujian dari perbandingan nilai tegangan *input* (V_i) dan tegangan *output* (V_{out}) saat pengujian dengan tegangan *set point* berdasarkan tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Pengujian Tegangan *Output Buck Boost Converter*

No	V Input	V Output <i>Buck Boost</i>	V <i>Set point</i>	<i>Error (%)</i>
1	6,27	6,27	13,6	-
2	8,87	13,39	13,6	0,02
3	10,78	13,4	13,6	0,02
4	11,96	13,31	13,6	0,03
5	12,8	12,6	13,6	0,08
6	13,97	13,8	13,6	0,01
7	14,55	13,68	13,6	0,00
8	18,13	13,26	13,6	0,03
9	20,19	13,64	13,6	0,00

**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan Nilai Tegangan *Input (Vin)* dan Tegangan *Output (Vout)* saat Pengujian dengan Tegangan *Set Point*

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari alat *buck boost converter* bersifat fluktuatif. Tegangan *output buck boost converter* berusaha mencapai angka *setpoint* 13,6 volt akan tetapi memiliki selisih toleransi yang tidak jauh berbeda. Dapat disimpulkan hasil perhitungan *buck boost converter* dengan hasil pengujian hampir sama, *error* yang terjadi sebesar 0,02%.

4.4 Pengujian Nilai PWM *Mode Buck* dan *Mode Boost*

Pengujian nilai PWM ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara nilai PWM dengan tegangan *input* dan tegangan *output* yang dihasilkan. Saat tegangan *input* di bawah 13,6 volt, maka hasil pengujian untuk *mode boost* dan rumus perhitungannya adalah

Tabel 4.3 Pengujian Nilai PWM terhadap *Vin* dan *Vout Mode Boost*

No	V Input	V Output <i>Boost</i>	PWM
1	6,27	6,27	-
2	8,87	13,39	249
3	10,78	13,4	250
4	11,96	13,31	251
5	12,6	13,4	252

$$|G| = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

1. $|G| = \frac{13.39}{8.87} = 1.509$ kali penguatan
2. $|G| = \frac{13.4}{10.78} = 1.24$ kali penguatan
3. $|G| = \frac{13.31}{11.96} = 1.112$ kali penguatan
4. $|G| = \frac{13.4}{12.6} = 1.063$ kali penguatan

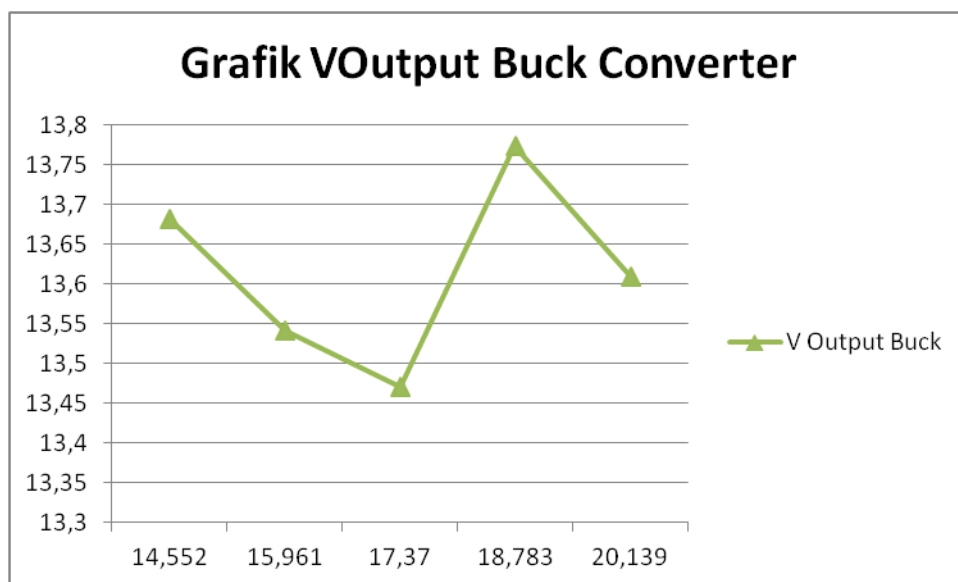
Dari hasil tabel pengujian yang dapat diamati adalah hubungan antara selisih *Vinput* dan *Voutput* terhadap PWM yang dihasilkan, semakin jauh selisih antara *Vinput* dengan *Voutput* maka akan menghasilkan nilai PWM yang lebih kecil dikarenakan PWM lebih banyak bekerja untuk menaikkan tegangan, sebaliknya semakin dekat selisih antara *Vinput* dengan *Voutput*. Pada hasil data tabel 4.3 bahwa yang menghasilkan PWM terkecil yaitu 249 pada mode *boost* adalah *Vinput* 8,87 volt untuk menghasilkan *Voutput* 13,39 volt sehingga terjadi

penguatan sebanyak 1.509 kali penguatan. Hasil PWM terbesar adalah PWM 252 dengan V_{input} 12,6 yang menghasilkan V_{output} sebesar 13,4 yang menghasilkan penguatan sebanyak 1.063 kali penguatan, hal ini dikarenakan PWM tidak terlalu banyak bekerja untuk mencapai nilai V_{output} tersebut.

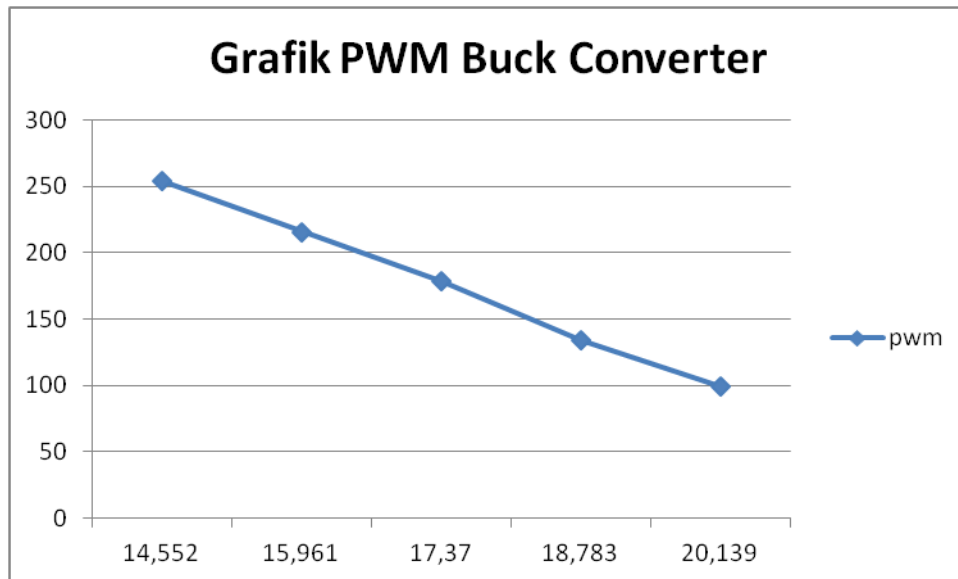
Saat tegangan *input* lebih dari 13,6 volt maka tabel hasil pengujian dan rumus untuk menghitungnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.4 Pengujian Nilai PWM terhadap V_{in} dan V_{out} Mode Buck

No	V Input	V Output Buck	PWM
1	14,552	13,682	254
2	15,961	13,541	216
3	17,370	13,470	179
4	18,783	13,773	134
5	20,139	13,610	99



Gambar 4.4 Grafik V_{output} Buck Converter Terhadap V_{input}



Gambar 4.5 Grafik Vinput Buck Converter Terhadap PWM yang Dihasilkan

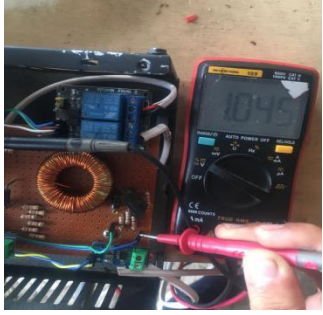
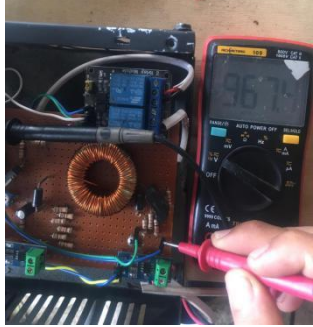
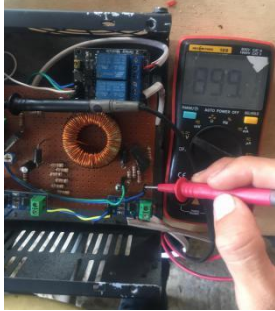
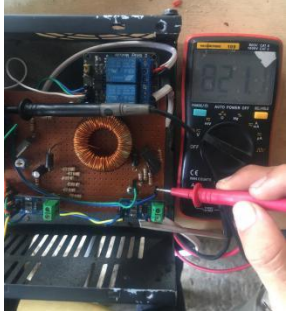
Berdasarkan data yang didapatkan bahwa kesimpulannya adalah *vinput* yang diberikan dengan range antara 14,552 volt sampai 20,139 volt menghasilkan nilai *voutput fluktuatif* mendekati dengan nilai *voutput setpoint*. Pada PWM yang dihasilkan semakin jauh selisih antara *voutput* dengan *vinput* maka semakin kecil nilai PWM yang dihasilkan karena perlu melakukan penurunan tegangan yang lebih banyak, sebaliknya semakin mendekati nilai selisih antara *voutput* dengan *vinput* maka semakin besar nilai PWM yang dihasilkan dikarenakan alat melakukan penurunan tegangan yang lebih sedikit. Hasil yang didapatkan nilai PWM terkecil adalah 99 pada *vinput* terbesar yaitu 20,139 volt untuk menghasilkan nilai *voutput* 13,610 dan PWM terbesar yaitu 254 pada *vinput* terkecil yaitu 14,552 untuk menghasilkan nilai *voutput* 13,682.

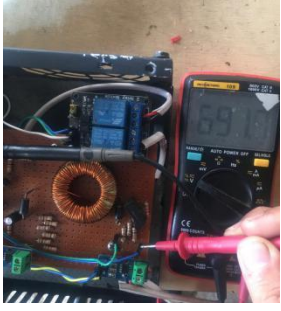

4.5 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan menggunakan rangkaian *voltage divider*. Pengujian *voltage divider* bertujuan untuk mengambil data tegangan yang terbaca oleh rangkaian *voltage divider*. Pengujian *voltage divider* menggunakan *port ADC* pada mikrokontroler, tegangan *output* pada rangkaian pembagi tegangan ditampilkan pada LCD.

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan menyambungkan *input* rangkaian pembagi tegangan dengan *power supply variable*.

Tabel 4.5 Pengujian Sensor Tegangan

No.	Vinput	Vout ADC	Pengukuran
1	13,05	1,04	
2	12,11	0,96	
3	11,08	0,89	
4	10,01	0,82	

5	8,26	0,69	
6	6,18	0,55	

Berdasarkan tabel 4.5 pengujian sensor tegangan tersebut digunakan tegangan *input* variatif dengan tegangan yang dibaca oleh port ADC mikrokontroler dengan perbandingan resistor yang digunakan yaitu 1/10 K Ω . Dapat disimpulkan bahwa tegangan port ADC yang dihasilkan oleh mikrokontroler melalui proses pembagi tegangan yaitu $R_{th} = \frac{R_a}{R_a + R_b}$

$$R_{th} = \frac{1K}{1K + 10K} = 0,09$$

$$V_{th} = R_{th} \times V_{in}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 1} = 0,09 \times 13,05 = 1,1 \text{ volt}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 2} = 0,09 \times 12,11 = 1,08 \text{ volt}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 3} = 0,09 \times 11,05 = 0,99 \text{ volt}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 4} = 0,09 \times 10,01 = 0,9 \text{ volt}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 5} = 0,09 \times 8,26 = 0,74 \text{ volt}$$

$$V_{th} \text{ Sensor 6} = 0,09 \times 6,18 = 0,55 \text{ volt}$$

Dari hasil rumus perhitungan dengan pengukuran bahwa nilai didapatkan memiliki selisih toleransi hingga mendekati sama.

4.6 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisi baterai 12 Volt. Pengujian keseluruhan menggunakan sumber generator, hasil tegangan *output* generator distabilkan oleh *buck-boost converter* dan digunakan untuk mengisi baterai. Untuk menghitung efisiensi digunakan rumus sebagai berikut.

$$Efisiensi = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\%$$

Tegangan *open circuit* baterai sebelum di-*charging* bernilai 12 volt.

Tabel 4.6 Pengujian Keseluruhan dengan *Variable Nozzle*

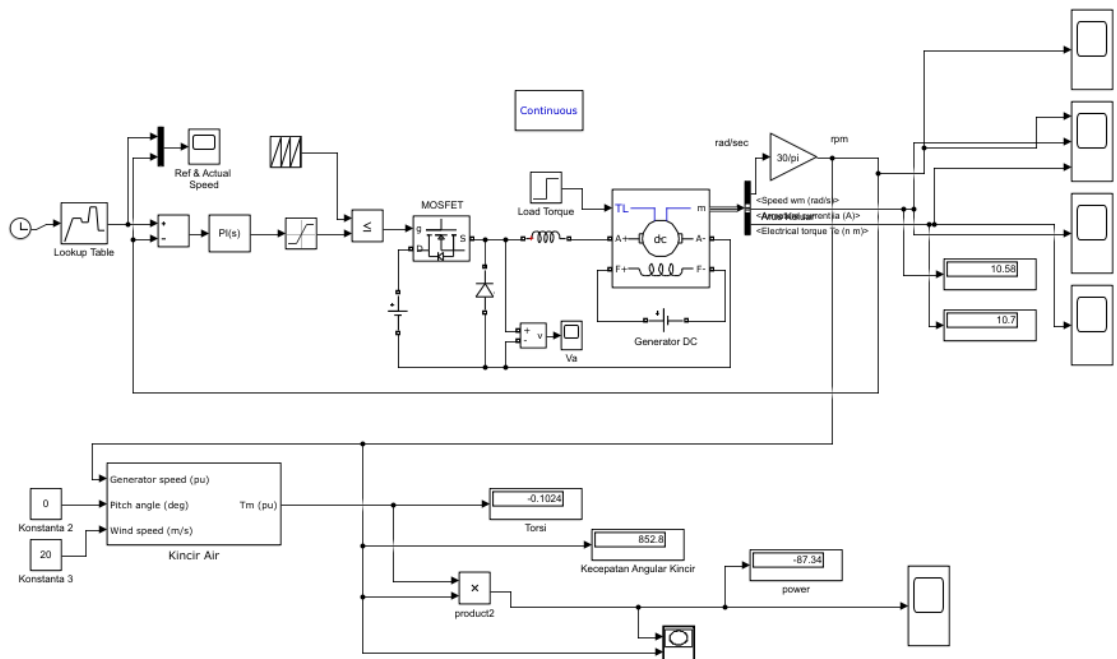
No	Debit Air (Kondisi <i>Nozzle</i>)	RPM Turb in	RPM Gene rator	Output PLTMH		Output BuckBoost		Efisiensi (%)
				V	I	v	I	
1	1 L/Menit (Min)	56,7	170,1	9,25	0,05	9,70	0,04	83,89
2	1,5 L/Menit (Low)	58,9	176,7	9,56	0,06	10,03	0,05	87,43
3	2 L/Menit (Low)	59,3	177,9	9,77	0,05	9,88	0,04	80,9
4	4 L/Menit (Low)	61,4	184,2	10,2	0,16	10,2	0,15	93,75
5	5 L/Menit (Med)	62,9	188,7	10,5	0,15	10,5	0,13	86,66
6	6 L/Menit (Med)	68	204	11,34	0,15	13,04	0,1	76,66
7	6,5 L/Menit (Med)	69,9	209,7	11,72	0,2	12,98	0,14	77,52
8	7 L/Menit (High)	70,4	211,2	12,04	0,15	13,2	0,10	73,08
9	10 L/Menit (Max)	91,7	275,1	14,34	0,24	13,68	0,2	79,49

Dari hasil data pengujian dapat disimpulkan bahwa nilai efisiensi yang paling tinggi untuk melakukan *charging* pada baterai kondisi 12 volt adalah menggunakan kondisi *nozzle* maksimum (debit air yang diberikan senilai 10 L/Menit) dengan RPM maksimum yaitu 275,1 dengan efisiensi sebesar 79,49 %. Pada kondisi *boosting* atau input 9 volt sampai 10 volt alat belum mampu untuk mencapai nilai 13,6 volt sehingga alat belum melakukan fungsi *charging* dikarenakan nilai tegangan fluktuatif generator yang tidak bisa mencapai angka 9

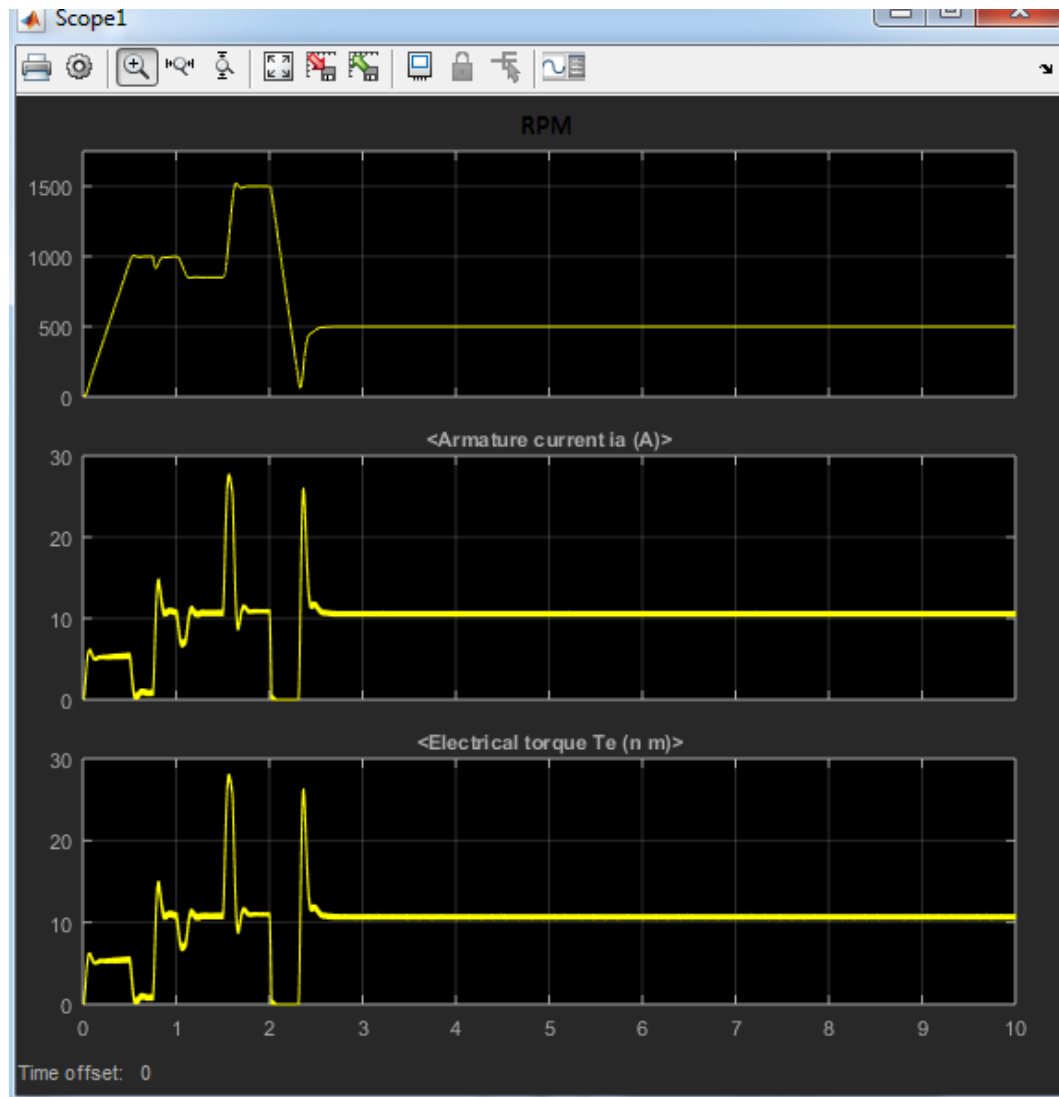
volt konstan secara kontinyu, sehingga masih menyisakan gelombang ripple yang relatif besar. Hal ini dikarenakan karakteristik dari generator yang terpengaruh dengan pergantian kutub pada komutator sehingga pada speed rpm rendah proses pergantian pole atau kutub pada cincin belah masih terlalu lambat. Pada nilai diatas 10 volt dengan pemicu rpm diatas 204 pada putaran motor, tegangan yang dihasilkan sudah stabil, sehingga proses *boosting* dapat dilakukan dengan maksimal.

4.7 Data Pengujian Menggunakan Simulasi Matlab

Berikut ini adalah gambar rangkaian yang digunakan untuk melakukan simulasi dari kincir air hingga menghasilkan output dari generator.



Gambar 4.6 Rangkaian Simulink Matlab PLTMH



Gambar 4.7 Hasil Output Putaran Kincir Terhadap Keluaran Generator

Ketika *input* dari kecepatan aliran air dimasukkan sehingga putaran awal dari kincir akan naik hingga 1000 rpm kemudian putaran menjadi tidak stabil maka keluaran dari generator juga menjadi tidak stabil hingga mencapai titik stabil pada sumbu x di titik 2,6.