

Rancang Bangun Pembangkit Nanohidro Untuk Keperluan Darurat Di Alam Terbuka

Agus Supardi, Malik Kusumo Atmojo

Abstract— Currently various outdoor activities are carried out by the community. These activities are sometimes carried out for several days. To support these activities, emergency power sources are needed to recharge the batteries for lighting, communication equipment and other electronic equipment. Emergency power sources used by many people are powerbank with a limited capacity. If the outdoor activities are carried out for several days, the powerbank will not be sufficient to meet the needs. Therefore, a small scale power plant is needed by utilizing the existing natural resources such as water flow or wind. This research aims to design and to make a prototype of a nanohydro power plant that can be used to meet electrical energy needs during outdoor activities. The research begins with designing a nanohydro power plant system includes a water turbine, mini generator, and battery charger. After that, the generator prototype was made. The prototype was tested in the laboratory and on the river. Tests are carried out in no-load and loaded conditions. In each test, a voltage measurement is carried out on the generating system. The laboratory test results show that the mini generator can generate voltage from 0.57 - 6.40 V when rotated at speeds of 150 - 3000 rpm. When tested in a river with water velocity varying from 0.25 to 0.45 m/s, the generator can generate a voltage of 1.9 - 3.1 V.

Index Terms— power plant, nanohydro, mini DC generator, water turbine.

Abstrak— Saat ini berbagai kegiatan di alam terbuka dilakukan oleh masyarakat. Kegiatan tersebut terkadang dilakukan selama sehari – hari. Untuk mendukung kegiatan tersebut, seringkali dibutuhkan sumber energi listrik darurat untuk mengisi ulang baterai pada lampu penerangan, peralatan komunikasi dan peralatan elektronika lainnya. Sumber energi listrik darurat yang sering digunakan masyarakat adalah powerbank dengan kapasitas yang terbatas. Jika kegiatan di alam terbuka tersebut dilakukan selama beberapa hari maka powerbank tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan pembangkit listrik skala kecil dengan memanfaatkan potensi yang ada di alam terbuka seperti aliran air atau angin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat sebuah prototipe pembangkit listrik nanohidro yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di alam terbuka. Penelitian diawali dengan merancang sistem pembangkit listrik nanohidro yang meliputi kincir

air, generator mini, dan charger baterai. Setelah itu dilakukan pembuatan prototipe pembangkit. Prototipe tersebut diuji di laboratorium dan di sungai. Pengujian dilakukan dalam kondisi tanpa beban dan berbeban. Dalam setiap pengujian dilakukan pengukuran tegangan pada sistem pembangkit. Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan generator mini dapat membangkitkan tegangan dari 0,57 - 6,40 V ketika diputar dengan kecepatan 150 – 3000 rpm. Hasil pengujian di sungai dengan variasi kecepatan air dari 0,25 – 0,45 m/s mengakibatkan tegangan yang dihasilkan generator bervariasi dari 1,9 – 3,1 V.

Kata Kunci— pembangkit listrik, nanohidro, generator DC mini, kincir air.

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi sumber daya yang tersedia di alam sangat dibutuhkan karena lebih ramah terhadap lingkungan dan tidak membahayakan ekosistem di sekitarnya. Pembangkit jenis ini dapat memanfaatkan potensi energi yang tersimpan dalam aliran air atau angin. Potensi energi tersebut seringkali dijumpai di daerah – daerah terpencil yang jauh dari infrastruktur ketenagalistrikan.

Saat ini berbagai aktifitas di alam terbuka dilakukan oleh masyarakat seperti kegiatan mendaki gunung, outbond, kemah, penelitian, wisata, dan lain – lain. Kegiatan tersebut terkadang dilakukan selama sehari – hari. Untuk mendukung kegiatan tersebut, seringkali dibutuhkan sumber energi listrik darurat untuk mengisi ulang baterai pada lampu penerangan, peralatan komunikasi dan peralatan elektronika lainnya. Sumber energi listrik darurat yang sudah sering digunakan oleh masyarakat adalah *powerbank* dengan kapasitas yang terbatas. Jika kegiatan di alam terbuka tersebut dilakukan selama beberapa hari maka *powerbank* tidak akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan pembangkit listrik skala kecil dengan memanfaatkan potensi yang ada di alam terbuka seperti aliran air atau angin.

Pembangkit listrik nanohidro merupakan salah satu alternatif pilihan yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di alam terbuka. Pembangkit ini memanfaatkan energi yang tersimpan dalam aliran air untuk memutar kincir air yang dikopel dengan generator mini. Pembangkit ini berukuran kecil sehingga dapat dibawa kemana – mana oleh masyarakat yang melakukan aktifitas di alam terbuka dalam waktu yang

Agus Supardi dan Malik Kusumo Atmojo berasal dari Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, Indonesia (telp. 0271-717417; email Agus.Supardi.ums.ac.id)

cukup lama.

Beberapa permasalahan energi yang terdapat di Indonesia antara lain ketergantungan yang tinggi pada sumber energi fosil, konsumsi energi yang terus meningkat, dan rasio elektrifikasi yang masih rendah [1]. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di pedesaan dan daerah-daerah terpencil, perlu dikembangkan suatu sistem pembangkit listrik tenaga air yang bersifat portabel, yang dapat memanfaatkan potensi sungai yang tersedia. Pembangkit listrik ini disebut dengan Pembangkit Listrik Nano Hidro (PLNH). PLNH ini harus dapat beroperasi dengan aliran air yang tidak deras. Air yang mengalir menyimpan energi potensial dari hampasan di aliran air [2]. Biasanya sumber air yang tersedia di alam akan berfluktuasi volumenya akibat perubahan musim. Oleh karena itu, potensi energi yang dihasilkan juga akan bervariasi. Sumber daya alam dapat digunakan secara lebih efektif dan efisien dengan membuat proyek berupa *portable nanohydro power generator* dan mempopulerkan kepada pengguna [3]. Dalam sistem pembangkit tenaga air yang bekerja sendiri, kecepatan turbin akan bervariasi akibat adanya variasi beban yang terhubung [4].

Turbin Arus Sungai (TAS) bekerja karena adanya energi kinetik air yang mengalir memasuki turbin dan diarahkan oleh sudut pengarah menuju *runner* atau sudut gerak kemudian keluar melalui sebuah saluran yang disebut *draft tube*. Energi kinetik air menyebabkan sudu turbin berputar sehingga poros turbin juga ikut berputar [5]. Turbin air ini sangat cocok untuk diaplikasikan di saluran irigasi dan sungai datar [6]. Tegangan akan dibangkitkan oleh generator yang dikopel pada turbin tersebut.

Dalam penelitian ini dirancang sebuah prototipe pembangkit listrik nanohidro yang dapat digunakan untuk mengisi baterai pada saat beraktifitas di alam terbuka. Prototipe dirancang berukuran kecil sehingga cocok untuk dibawa kemana-mana.

II. METODE PENELITIAN

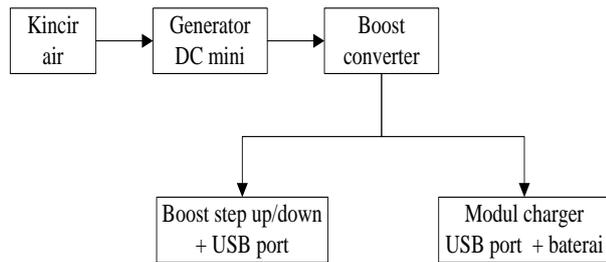
A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : generator DC mini, *boost converter*, modul *charger powerbank*, kincir air, baterai *holder*, baterai lithium 1850 1000 mAh, voltmeter DC, dan peralatan pendukung.

B. Blok Diagram Sistem Pembangkit Nanohidro

Prototipe pembangkit nanohidro yang dirancang mempunyai sebuah kincir air mini di bagian paling depan. Kincir air inilah yang akan digunakan untuk mengubah energi yang tersimpan dalam aliran air menjadi energi kinetik. Kincir air tersebut dikopel dengan generator DC mini. Ketika kincir air telah berputar akibat aliran air maka generator akan ikut berputar sehingga tegangan akan dibangkitkan di antara terminalnya. Tegangan keluaran generator mini ini selanjutnya dinaikkan dengan *boost converter* agar nilainya dapat memenuhi spesifikasi yang diperlukan oleh modul *charger* baterai. Keseluruhan blok diagram

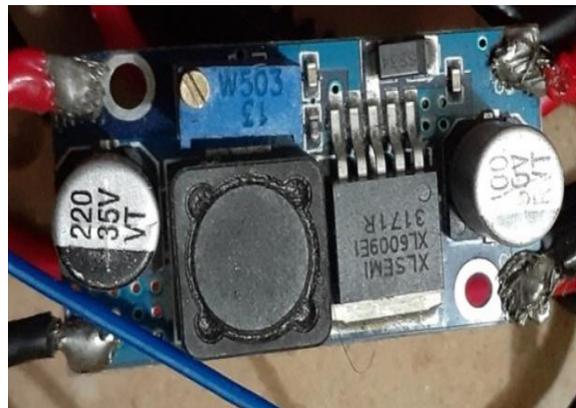
sistem pembangkit listrik nanohidro ditunjukkan pada gambar 1 sedangkan peralatan yang digunakan ditunjukkan pada gambar 2, 3, 4, 5, 6, dan 7.



Gambar 1 Blok diagram rangkaian



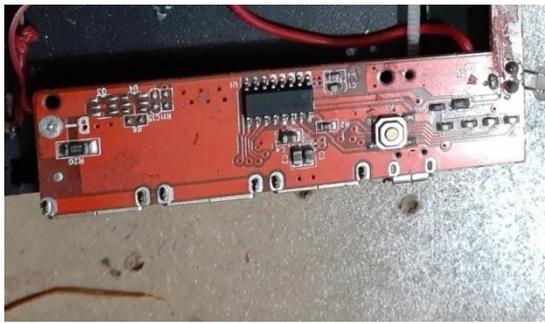
Gambar 2. Kincir air mini



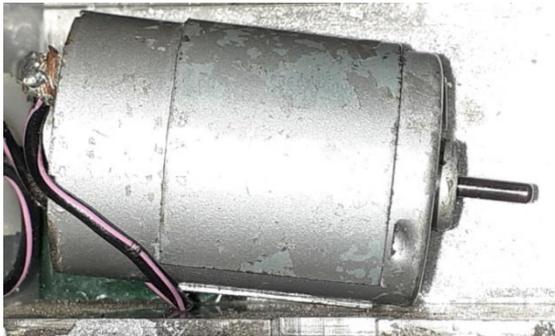
Gambar 3. Boost converter



Gambar 4. Boost step up / down + USB port



Gambar 5. Modul charger + USB port



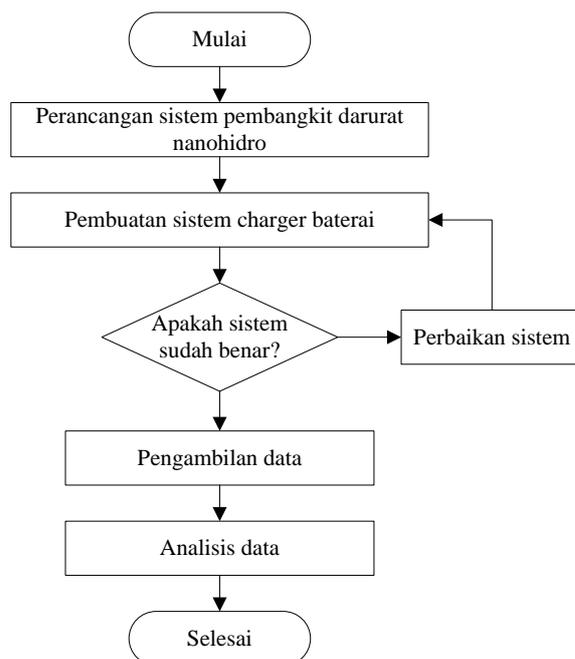
Gambar 6. Generator DC mini



Gambar 7. Baterai

C. Flowchart Penelitian

Flowchart penelitian ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8 Flowchart penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

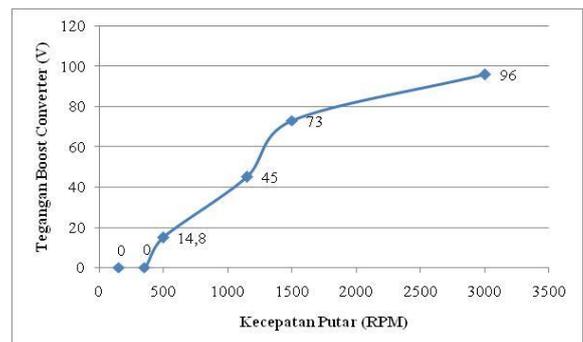
Hasil pengujian generator dalam kondisi tanpa beban ditunjukkan pada tabel 1.

TABEL 1
HASIL PENGUJIAN GENERATOR TANPA BEBAN

Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan Generator (V)	Tegangan <i>Boost Converter</i> (V)
150	0,57	0
350	1,12	0
500	2,71	14,8
1150	3,95	45
1500	4,20	73
3000	6,40	96



Gambar 9 Tegangan generator saat tanpa beban



Gambar 10 Tegangan boost converter saat tanpa beban

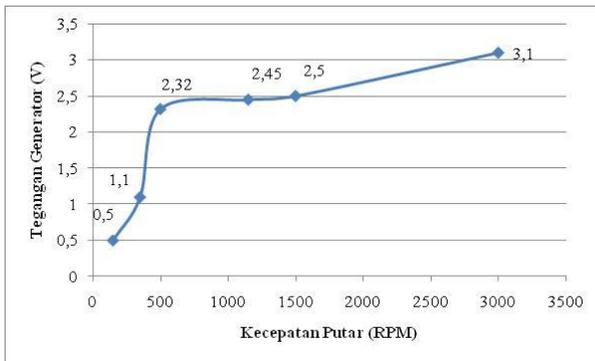
Tabel 1 dan gambar 9 menunjukkan variasi tegangan keluaran generator DC mini ketika diputar dengan kecepatan yang bervariasi. Generator dapat membangkitkan tegangan sebesar 0,57 V ketika diputar dengan kecepatan sebesar 150 rpm. Ketika kecepatan putarnya dinaikkan menjadi 350 rpm, maka tegangan generatonya juga ikut naik menjadi 1,12 V. Variasi kecepatan putar generator dari 150 – 3000 rpm mengakibatkan variasi tegangan keluaran generator dari 0,57 – 6,4 V. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar generator maka semakin tinggi tegangan keluaran generator. Hal ini sesuai dengan teori yang berlaku. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa tegangan generator pada kecepatan putar yang rendah mempunyai nilai yang sangat kecil sehingga tidak dapat memenuhi spesifikasi minimal yang dibutuhkan oleh *charger baterai*. Oleh karena itu, tegangan tersebut perlu dinaikkan dengan peralatan tertentu. Peralatan yang digunakan untuk menaikkan tegangan DC adalah *boost converter*.

Tabel 1 dan gambar 10 menunjukkan variasi tegangan *boost converter* ketika generator diputar dengan kecepatan yang bervariasi. Ketika generator

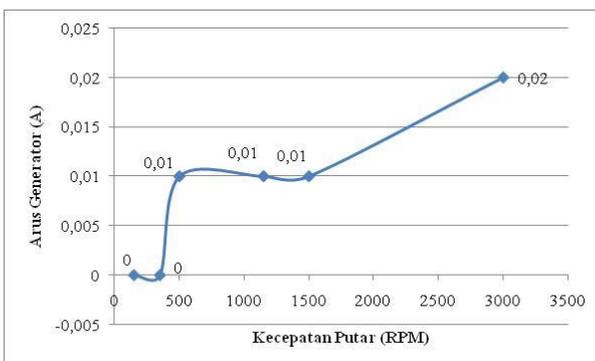
diputar pada kecepatan 150 dan 350 rpm dengan tegangan keluaran sebesar 0,57 V dan 1,12 V maka tegangan keluaran *boost converter* masih bernilai nol. Hal ini berarti bahwa tegangan keluaran generator tersebut masih terlalu kecil dan di bawah nilai minimal yang dibutuhkan oleh *boost converter* untuk bekerja secara normal. Ketika kecepatan putar dinaikkan menjadi 500 rpm dan generator membangkitkan tegangan sebesar 2,71 V maka *boost converter* sudah dapat bekerja secara normal sehingga dapat menaikkan tegangan generator tersebut menjadi 14,8 V. Variasi tegangan generator dari 2,71 – 6,4 V mengakibatkan variasi keluaran *boost converter* dari 14,8 – 96 V. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *boost converter* dapat bekerja dengan baik. Komponen penyimpan energi berupa induktor dan kapasitor yang terdapat dalam *boost converter* telah bekerja dengan baik sehingga dapat menaikkan tegangan keluaran generator DC. Semakin tinggi tegangan masukan *boost converternya* maka semakin tinggi tegangan keluarannya. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa tegangan keluaran *boost converter* menjadi terlalu tinggi nilainya ketika generator diputar pada kecepatan yang tinggi sehingga melebihi batas maksimal yang diijinkan oleh *charger* baterai.

TABEL 2
HASIL PENGUJIAN GENERATOR BERBEBAN

Kecepatan Putar (RPM)	Tegangan Generator (V)	Arus (A)	Kondisi Lampu
150	0,50	0	Mati
350	1,10	0	Mati
500	2,32	0,01	Menyala
1150	2,45	0,01	Menyala
1500	2,50	0,01	Menyala
3000	3,10	0,02	Menyala



Gambar 11 Tegangan generator saat berbeban



Gambar 12 Arus generator saat berbeban

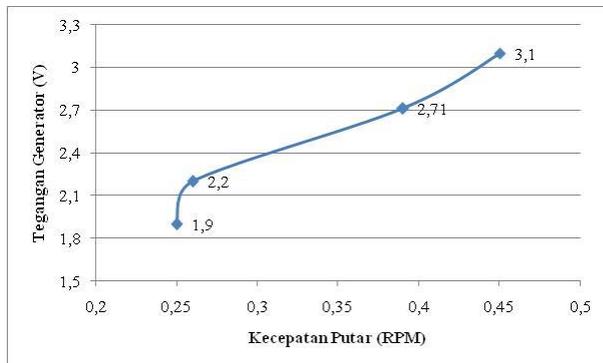
Tabel 1 dan tabel 2 menunjukkan tegangan generator

pada saat dibebani mempunyai nilai yang lebih kecil dari tegangan generator pada saat tanpa beban. Hal ini disebabkan adanya drop tegangan yang terjadi pada belitan generator. Belitan generator terbuat dari tembaga dengan hambatan yang cukup kecil. Ketika generator dibebani maka arus akan mengalir melalui hambatan tersebut sehingga terjadi drop tegangan sebesar arus yang mengalir dikalikan dengan hambatannya. Adanya drop tegangan pada belitan tersebut mengakibatkan tegangan terminal menjadi lebih kecil.

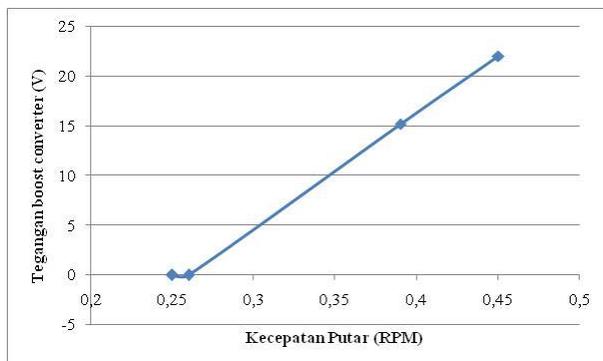
Tabel 2 dan gambar 11 menunjukkan tegangan generator bernilai dibawah 2 volt ketika diputar di bawah 500 rpm. Tegangan ini tidak cukup untuk menghidupkan beban yang berupa 3 buah lampu LED 5 mm 1,5 – 3 V. Ketika kecepatan putar dinaikkan menjadi 500 rpm, tegangan generator naik menjadi 2,32 V sehingga arus sebesar 0,01 A mulai mengalir ke lampu dan membuatnya menyala. Variasi kecepatan putar dari 500 – 3000 rpm mengakibatkan tegangan generator bervariasi dari 2,32 – 3,10 V dan arusnya bervariasi dari 0,01 – 0,02 A sehingga lampunya menyala semakin terang.

TABEL 3
HASIL PENGUJIAN GENERATOR DI SUNGAI

Kecepatan Air (m/s)	Tegangan Generator (V)	Tegangan Boost Converter (V)
0,25	1,9	0
0,26	2,2	0
0,39	2,71	15,2
0,45	3,1	22



Gambar 13 Tegangan generator saat pengujian di sungai



Gambar 14 Tegangan *boost converter* saat pengujian di sungai

Tabel 3 dan gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran tegangan generator saat di sungai. Pada pengujian pertama dengan kecepatan air 0,25 m/s tegangan yang dibangkitkan generator sebesar 1,9 V. Pada pengujian

kedua dengan kecepatan air 0,26 m/s tegangan yang dihasilkan generator naik menjadi 2,2 V. Variasi kecepatan air 0,25 - 0,45 m/s mengakibatkan tegangan yang dihasilkan generator juga bervariasi dari 1,9 – 3,1 V. Hasil pengujian di sungai tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan air semakin tinggi tegangan keluaran generatornya. Hal ini disebabkan semakin cepat aliran airnya maka semakin tinggi energi kinetik yang tersimpan di dalamnya. Semakin tinggi energi kinetiknya maka semakin cepat putaran kincir airnya. Semakin cepat putaran kincir airnya maka semakin cepat pula putaran generatornya sehingga tegangan keluarannya juga semakin besar.

Tabel 3 dan gambar 14 menunjukkan tegangan *boost converter* pada saat dilakukan pengujian di sungai. Ketika diuji dengan kecepatan air sebesar 0,25 dan 0,26 m/s, tegangan *boost converter* tidak keluar atau 0 V. Hal ini disebabkan tegangan masukan *boost converter*nya masih terlalu kecil yaitu hanya sebesar 1,9 dan 2,2 V sehingga belum memenuhi persyaratan minimal yang yang dibutuhkan agar dapat bekerja normal. Tegangan minimal yang dibutuhkan oleh *boost converter* sebesar 2,6 V. Ketika diuji dengan kecepatan air sebesar 0,39 m/s tegangan keluaran generator sebesar 2,71V dapat diboost menjadi sebesar 15,2 V. Ketika kecepatan air naik menjadi 0,45 m/s maka tegangan generator naik menjadi 3,1 V sehingga tegangan *boost converter*nya juga ikut naik menjadi 22 V. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan air maka semakin tinggi tegangan generatornya. Semakin tinggi tegangan generatornya maka semakin tinggi tegangan *boost converter*nya. Hal ini menunjukkan *boost converter* telah berfungsi dengan baik untuk menaikkan tegangan DC keluaran dari generator. Hal yang perlu diperhatikan adalah tegangan keluaran *boost converter* bisa menjadi terlalu tinggi ketika airnya mengalir terlalu deras. Oleh karena itu, spesifikasi peralatan elektronik yang hendak dihubungkan dengan *boost converter* harus dicermati terlebih dahulu agar tidak mengalami kerusakan.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil dan pembahasan sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Prototipe sistem pembangkit nanohidro yang dirancang untuk keperluan darurat telah dapat membangkitkan tegangan antara 0,57 – 6,4 V ketika diputar antara 150 – 3000 rpm dalam kondisi tanpa beban. Ketika dibebani dengan lampu 3 buah LED 5 mm, tegangan generator turun menjadi 0,5 – 3,1 V.
- Variasi tegangan generator dari 2,71 – 6,4 V pada saat diuji dalam kondisi tanpa beban mengakibatkan variasi keluaran *boost converter* dari 14,8 – 96 V.
- Saat generator diuji di sungai, variasi kecepatan air dari 0,25 – 0,45 m/s mengakibatkan tegangan yang dihasilkan generator bervariasi dari 1,9 – 3,1 V.

REFERENCES

- [1] Guntara, Rendy, 2016. Analisa potensi Waduk Malahayu sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [2] Arduser, K & Karcheter, (2009). Civil works for micro hydro power units, University of Applied Sciences Northwestern Switzerland.
- [3] Aw, A & Biggs, (2013). Portable Nano-Hidro Power Generator for the DC House Project, ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTEMENT, California Polytechnic state University.
- [4] Aung, W & Zee, (2015). Microcontroller Based Electrical Parameter Monitoring System of Electronic Load Controller use in Micro Hydro Power Plant, Departement of Electrical Power Engineering, Mandalay Technological University ; Myanmar.
- [5] Rehiara , Adelhard, 2014. Design Planing Of Micro Hidro Powerplant in Hink River Papua : University Of Papua.
- [6] Kalai , B & Velamati , K, R, (2015). Power Generation By High Head Water In a Building Using Micro Hydro Turbine – a Greener Approach