

PERANCANGAN PROTOTYPE PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO UNTUK LABORATORIUM PEMBANGKIT ENERGI

Teuku Fadli Fatani¹, Zulfikar², Nelly Safitri³

^{1,2,3}Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi,
Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
E-mail : t.fadlifatani@gmail.com

Abstrak— Keterbatasan tenaga listrik merupakan salah satu permasalahan yang paling mendasar. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daerah yang belum teraliri listrik. Maka perlu diciptakan pembangkit listrik yang dapat menjangkau tempat terpencil yang ramah lingkungan dan sederhana. Pembangkit Listrik Tenaga Air sudah lama dikembangkan, dan salah satunya Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh debit air terhadap tegangan serta pengaruh tekanan air terhadap putaran turbin. Metode penelitian yang dilakukan adalah Pengujian tegangan keluaran terhadap debit air dalam pipa dan pengujian putaran turbin. Berdasarkan hasil pengujian, debit air dalam pipa dipengaruhi oleh pengaturan valve, bukaan valve 100% merupakan debit air maksimal yang dapat mengalir dalam pipa. Tegangan maksimal tanpa terpasangnya beban yang dapat dihasilkan yaitu 120 V, sedangkan tegangan maksimal saat terpasang beban penuh adalah 50 V. Tekanan air maksimal yang dapat memutar turbin yaitu 3 bar dengan putaran 460 rpm pada kondisi turbin tanpa beban dan putaran 170 rpm pada kondisi turbin dibebani generator. Tekanan air berpengaruh pada putaran generator dimana putaran maksimal generator pada tekanan maksimal 3 bar yaitu 120 rpm dengan tegangan yang dihasilkan generator yaitu 120 V. Beban total yang dapat terpasang adalah 12 W dengan tegangan keluaran 50 V.

Kata kunci- PLTPH, Debit, Putaran, Tegangan

I. PENDAHULUAN

Keterbatasan tenaga listrik merupakan salah satu permasalahan yang paling mendasar. Ketersediaan pembangkit listrik masih jauh dari kata cukup. Hal ini dapat kita lihat dari banyaknya daerah yang belum teraliri listrik. Maka dari itu, perlu diciptakan alat atau pembangkit listrik yang dapat menjangkau tempat terpencil yang ramah lingkungan dan sederhana. Guna mengatasi hal tersebut muncul beberapa inovasi untuk mengembangkan sumber daya alam yang terbarukan. Air menjadi salah satu sumber daya alam yang terbarukan dan dapat digunakan sebagai alternatif untuk menghadapi krisis energi. Pembangkit Listrik Tenaga Air sudah lama dikembangkan, dan salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH).

Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) adalah suatu pembangkit listrik dengan skala kecil yang menggunakan air sebagai tenaga penggerak seperti, saluran irigasi, sungai atau air terjun dengan memanfaatkan tinggi dan jumlah debit air. Secara teknis Pembangkit Listrik Tenaga Air memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin dan generator. Maka dari itu Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro sangat cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah dan pedesaan. Beberapa keuntungan yang dapat dilihat pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro adalah menggunakan energi alam sebagai penggerak, tidak menimbulkan pencemaran, memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dipadukan dengan program yang lain seperti saluran irigasi dan perikanan.

Dengan penambahan modul praktikum pada Laboratorium pembangkit listrik merupakan salah satu hal yang dapat memperlancar proses belajar untuk mahasiswa pada umumnya. salah satu modul praktikum yang harus dilakukan penambahan yaitu prototype pembangkit listrik

tenaga air. Pada prototype ini, digunakan tekanan pompa untuk memutar sebuah turbin yang telah dikopel dengan generator. Maka dari itu, penulis membahas sebuah proyek akhir yang berjudul rancang bangun sebuah prototype pembangkit listrik tenaga air berskala piko hidro. Prototype ini diharapkan dapat bermanfaat untuk kegiatan praktikum bagi mahasiswa khususnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro (PLTPH)

Pico-hydro Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTA termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTA dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun. Berdasarkan besar energy yang dihasilkan PLTA dibagi menjadi beberapa bagian, salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro (PLTPH). PLTPH adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 5 kW). Agar energy listrik dapat diperoleh dari aliran sungai maka diperlukan mekanisme untuk mengubah energy kinetic dan potensial dari aliran sungai melalui kincir air. Kincir air merupakan suatu alat yang berputar karena adanya aliran air. Perputaran kincir ini dimanfaatkan untuk menggerakkan generator listrik.[1]

B. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro (PLTPH)

Secara umum lay-out sistem PLTMH merupakan pembangkit jenis *run off river*, memanfaatkan aliran air permukaan (sungai). Komponen sistem PLTMH tersebut terdiri dari bangunan intake (penyadap) - bendungan, saluran pembagi, bak pengendap dan penenang, saluran pelimpah, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuangan. Lay-out dasar pada perencanaan pengembangan PLTMH dimulai dari penentuan lokasi intake, bagaimana aliran air akan dibawa ke turbin dan penentuan tempat rumah pembangkit untuk mendapatkan tinggi jatuhnya (*head*) optimum dan aman dari banjir.

1. Sumber Air (*Water Supply*)

Sumber aliran air penggerak turbin PLTMH dapat berupa mata air atau sungai. Hal yang paling penting diperhatikan adalah debit sumber aliran air tersebut kontinyu sepanjang tahun. Untuk dapat mengetahui daya potensial air dari suatu sumber adalah penting untuk mengetahui kapasitas aliran (m^3/det) dan *head* (m) yang tersedia.

Daya ini akan dirubah oleh turbin air menjadi daya mekanik. Daya teoritis yang tersedia adalah

$$P_a = \rho QH \quad (1)$$

Dimana :

P_a = Daya teoritis yang tersedia (Watt)

Q = Kapasitas aliran air (m^3/det)

H = *Head* atau tinggi air jatuh (m)

ρ = Berat jenis air ($9.800 N/m^3$)

2. Bangunan Intake / Forebay-Tank / Reservoir

Air dari suatu sumber dialirkan ke tangki/bendung untuk mengarahkan dan mengatur aliran air ke bangunan intake. Bangunan intake didesain untuk menjamin debit aliran air ke sistem microhydro sesuai dengan debit yang dibutuhkan. Tergantung dari kualitas fisik air, suatu unit penyaring air berupa *graveltrap* atau *trashrack* mungkin dibutuhkan dalam bangunan intake untuk menghindari tersumbatnya turbin air pada sistem PLTMH. Demikian juga, intake perlu dilengkapi dengan sistem pelimpah untuk menghindari berlebihnya kapasitas air, serta dilengkapi dengan sistem penguras untuk sewaktu-waktu membersihkan intake dari endapan yang terjadi dalam suatu periode tertentu.

3. Pipa Pesat atau *Penstock Pipe*

Pipa penstock digunakan untuk mengalirkan air dari bak intake ke turbin, dimana energi potensial air dirubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Ukuran dari pipa penstock tergantung dari besarnya debit air yang harus dialirkan, semakin besar diameter pipa yang digunakan akan memperkecil *head losses* yang terjadi namun *capital cost*nya makin besar, dan sebaliknya semakin kecil ukuran pipanya akan memperbesar *head losses* yang terjadi namun *capital cost*nya semakin kecil. Sebagai acuan dalam penentuan

ukuran pipa adalah bahwa kecepatan aliran air dalam pipa adalah berkisar antara 0,6 m/detik sampai dengan 2,5 m/det.

4. Powerhouse dan Tailrace

Adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi turbin, generator, dan unit kontrol. Powerhouse bisa dibuat sederhana namun fondasinya harus solid. Tailrace adalah kanal untuk mengarahkan aliran air kembali ke saluran irigasi/sungai untuk pemanfaatan lebih lanjut.

5. Turbin

Air yang mengalir mempunyai energi hidrolis yang dialirkan ke suatu turbin. Turbin terdiri dari *runner* yang dihubungkan dengan poros adalah untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis atau daya poros. Turbin bisa dihubungkan langsung dengan generator atau melalui roda-gigi atau *belt* dan *pulley*, tergantung pada putaran turbin.

6. Generator

Generator mengubah energi mekanik (putaran poros) menjadi energi listrik. Ada dua tipe generator, yaitu generator *synchronous* dan *asynchronous* (umumnya disebut *induction generator*). Generator sinkron adalah standar generator yang digunakan dalam pembangkit daya listrik dan digunakan pada kebanyakan power plant. Semua generator harus digerakkan pada putaran konstan untuk menghasilkan daya yang konstan pada frekuensi 50 Hz



Gambar 1 Generator

Untuk microhydro umumnya digunakan generator 4 kutub dengan putaran sekitar 1.500 rpm. Generator sinkron mempunyai efisiensi antara 75% sampai dengan 90% pada beban penuh, tergantung pada ukuran generatornya. Efisiensi generator induksi berkisar 65% (pada beban sebagian) sampai dengan 75% (pada beban penuh). Besarnya daya listrik yang dihasilkan generator (P_L) adalah [2]

$$P_L = \rho \cdot Q \cdot H \cdot \eta_{\text{turbin}} \cdot \eta_{\text{transmisi}} \cdot \eta_{\text{generator}} \quad (2)$$

B. Debit Air

Debit aliran adalah volume air yang mengalir dalam satuan waktu tertentu. Debit air adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Prinsip pelaksanaan pengukuran debit adalah mengukur luas penampang basah, kecepatan aliran dan tinggi muka air tersebut. Debit air dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Dimana:

Q = debit air (m³/s)

V = Volume air (m³)

T = waktu pengisian bak (m/s) [3]

C. Pompa

Pompa adalah alat untuk memindahkan fluida dari tempat satu ketempat lainnya yang bekerja atas dasar mengkonversikan energi mekanik menjadi energi kinetik. Energi mekanik yang diberikan alat tersebut digunakan untuk meningkatkan kecepatan, tekanan atau elevasi (ketinggian).



Gambar 2 Pompa air

Pada umumnya pompa digerakkan oleh motor, mesin atau sejenisnya. Banyak faktor yang menyebabkan jenis dan ukuran pompa serta bahan pembuatnya berbeda, antara lain jenis dan jumlah bahan cairan tinggi dan jarak pengangkutan serta tekanan yang diperlukan dan sebagainya.

Dalam suatu pabrik atau industri, selalu dijumpai keadaan dimana bahan-bahan yang diolah dipindahkan dari suatu tempat ketempat yang lain atau dari suatu tempat penyimpanan ketempat pengolahan maupun sebaliknya.

Pemindahan ini dapat juga dimaksudkan untuk membawa bahan yang akan diolah dari sumber dimana bahan itu diperoleh. Kita tahu bahwa cairan dari tempat yang lebih tinggi akan sendirinya mengalir ketempat yang lebih rendah, tetapi jika sebaliknya maka perlu dilakukan usaha untuk memindahkan atau menaikkan fluida, alat yang lazim digunakan adalah pompa.

Pemindahan fluida dengan menaikkan tekanan pada pompa adalah untuk mengatasi hambatan-hambatan yang terjadi, antara lain:

1. Hambatan Kecepatan Hambatan ini terjadi karena aliran fluida didalam tabung atau pipa mempunyai kecepatan tertentu, maka pompa harus memberikan tekanan yang diinginkan.
2. Hambatan Gesekan Hambatan ini terjadi pada gesekan sepanjang pipa-pipa yang dilaluinya.

D. Bak penampungan

Bak penampungan adalah tempat untuk menampung air yang digunakan sebagai pengganti bak penenang pada PLTA yang sebenarnya. Volume bak penampungan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$V_{bak} = \frac{1}{4} \pi d^2 \times t \quad (4)$$

Dimana :

V_{bak} = Volume bak penampung (m³ atau Liter)

d = Diameter bak penampung (m)

t = Tinggi penampang yang basah (m) [4]

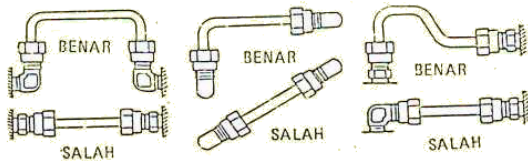
E. Pipa Saluran

Definisi Pipa Selang, pipa, dan tabung fluida adalah digunakan menghubungkan berbagai komponen hidrolis dan menghantarkan fluida ke seluruh sistem. Saluran konduktor (penghantar) harus mampu menahan bukan hanya tekanan sistem maksimum menurut perhitungan, tetapi juga kejutan-kejutan tekanan yang timbul dalam sistem. Pemilihan konduktor (tabung, pipa logam atau karet) dan elemen penyambung (fitting) tergantung pada faktor-faktor berikut :

1. tekanan statis dan dinamis
2. aliran rata-rata (debit)
3. kesesuaian terhadap fluida
4. pemeliharaan
5. vibrasi
6. kekuatan kebocoran
7. kondisi lingkungan
8. pemakaian
9. harga

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemasangan pipa antara lain :

1. Penggantian pipa dengan rancangan dan bahan yang serupa.
2. Apabila mungkin, menghindari sambungan pada pipa lurus, khususnya pada belokan yang tajam. Alasannya adalah bahwa belokan lurus tidak memberikan ekspansi dan kontraksi yang cukup selama tekanan dan panas berubah-ubah.
3. Pada pemasangan pipa panjang, sebaiknya menggunakan siku-siku dan klem untuk mengurangi tegangan dan perubahan bentuk. Seluruh komponen harus disambung dengan sistem ulir untuk membatasi tekanan dan tegangan pada pipa.
4. Penggantian pipa harus bersih dan bebas dari karat dan terak. Untuk mendapatkan permukaan dalam pipa yang bersih dan mengkilap, dua metode yang digunakan oleh pabrik pembuat adalah pencelupan dan pembersihan dengan semprotan pasir (sand blasting).
5. Untuk memudahkannya dalam pemasangan pipa yang panjang menggunakan penyekat, apalagi kalau salurannya melewati dinding atau ruangan. Hal ini bukan hanya memberi kemudahan dalam pembongkaran tetapi juga sebagai penguat. [5]



Gambar 3 Cara Pemasangan Pipa

Kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah ini :

$$v = \frac{Q}{A} \tag{5}$$

Dimana :

v = Kecepatan aliran (m/sekon)

Q = Debit air (m³/s)

A = Luas penampang (m²)

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Perhitungan Bak Penampung

Bak penampung yang digunakan berbentuk tabung dengan diameter 58 cm dan tinggi 94 cm. Volume bak penampung dalam kondisi terisi penuh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dibawah ini :

$$\begin{aligned} V_{bak} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (58 \text{ cm})^2 \times 94 \text{ cm} \\ &= 248.229 \text{ cm}^3 \\ &= 248,229 \text{ liter} \end{aligned}$$

B. Perhitungan Debit Air

Debit yang digunakan dalam perancangan prototype ini menggunakan debit pompa. Debit pompa yang digunakan yaitu 90 liter/menit, dapat dilihat pada name plate pompa. Debit air 90 liter/menit akan dikonversikan ke satuan m³/s yang dapat dihitung menggunakan persamaan (3) dibawah ini :

$$\begin{aligned} Q &= 90 \text{ liter/menit} \\ &= 90 \text{ Liter/menit} \times \frac{1 \text{ dm}^3}{60 \text{ s}} \\ &= 1,5 \text{ dm}^3/\text{s} \times \frac{1}{1000} \frac{\text{m}^3}{1} = 1,5 \times \frac{1}{1000} \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 0,0015 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

C. Perhitungan Kecepatan Aliran Dalam Pipa

Pipa yang digunakan pada sisi buang berukuran 1 inci, maka luas penampang pipa dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

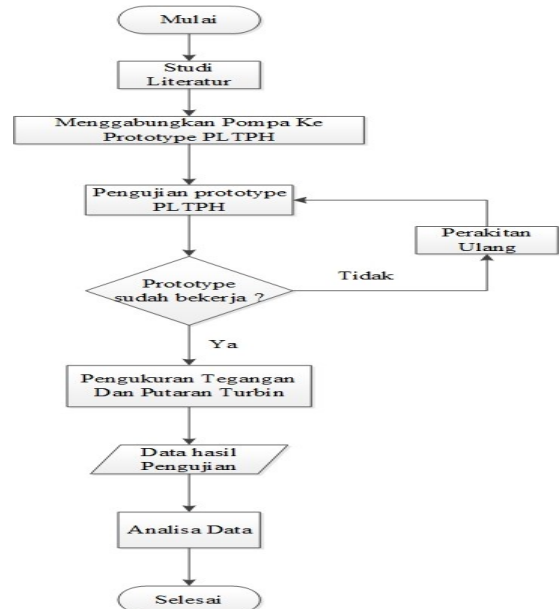
$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (2,54)^2 \\ &= 5,0645 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Debit air (Q) yang digunakan adalah Q_{maks} pada pompa yaitu 90 liter/min. Kecepatan aliran dalam pipa dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{90 \text{ liter/min}}{5,0645 \text{ cm}^2} = \frac{1500 \text{ cm}^3/\text{s}}{5,0645 \text{ cm}^2} \\ &= 296 \text{ cm/s} = 2,96 \text{ m/s} \end{aligned}$$

D. Metode Analisa

Metode analisa yang akan dilakukan dalam perancangan prototype PLTPH untuk laboratorium pembangkit energi dapat di jelaskan berdasarkan gambar Flow Chart dibawah ini.



Gambar 4 Flow Chart

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Perancangan

Data hasil perancangan prototype dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1 Data Perancangan Prototype

Bak Penampung	
Volume (V)	248.229 cm ³
Diameter (d)	580 mm
Tinggi (T)	940 mm
Material	Plastik
Instalasi Pipa	
Panjang Pipa Hisap (Air)	102 cm
Panjang Pipa Hisap (Angin)	115 cm
Panjang Pipa Buang 1	105 cm
Panjang Pipa Buang 2	300 cm
Panjang Pipa Lurus Buang	270 cm
Panjang Pipa Lurus Hisap	185 cm
Diameter Pipa Hisap (Air)	1 inci
Diameter Pipa Hisap (Angin)	1 ¼ inci
Diameter Pipa Buang 1	1 inci
Diameter Pipa Buang 2	1 inci
Nozzel	2 Buah
Elbow 90 (1 inci)	4 Buah
Elbow 90 (1 ¼ inci)	1 Buah
Pipa T	2 Buah
Sambungan Pipa 1 inci	7 buah
Sambungan Pipa 1 ¼ inci	3 buah
Kecepatan Air Dalam Pipa	2,9617 m/s
Debit Air	90 L/menit

Untuk jenis dan spesifikasi generator yang digunakan pada prototype PLTPH ini, dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Spesifikasi Generator

Spesifikasi Generator	
Tipe	Generator AC
Jumlah	1 Unit
Fasa	1 Fasa
Kapasita (Daya)	1000 Watt
Tegangan	220 Volt
Jumlah Kutub	4
Putaran	1200 - 1500 RPM
Kondisi	2nd Ex Industri

B. Pengukuran Debit Air Dalam Pipa

Pengukuran debit air dalam pipa dilakukan dengan cara air keluaran pipa ditampung dalam sebuah ember dengan kapasitas 20 liter, kemudian dicatat waktu pengisian air dalam ember dengan menggunakan stopwatch. Waktu pengisian rata-rata dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$t_{rata-rata} = \frac{\sum t}{n}$$

$$= \frac{22,66+23,5+25,32+22,31+22,3}{5}$$

$$= 23,21 \text{ detik}$$

Setelah waktu pengisian rata-rata diketahui, maka besar debit dalam pipa tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$= \frac{20 \text{ liter}}{23,21 \text{ detik}} = 0,86 \text{ liter/detik} = 51,6 \text{ liter/menit}$$

C. Analisa Pengaruh Debit Air Dalam Pipa Terhadap Tegangan

Debit air dalam pipa dapat diketahui dengan pengaturan besar kecil bukaan valve. Bukaan valve 100% merupakan debit air maksimal yang dapat mengalir dalam pipa. Untuk pengaruh debit air dalam pipa terhadap tegangan dapat dilakukan dengan pengaturan valve dari bukaan 100%, 75% dan 50%. Untuk pengaturan bukaan valve digunakan busur untuk mengetahui derajat bukaan valve. Valve yang digunakan pada prototype ini yaitu valve 90°, dimana untuk derajat bukaan dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Bukaan valve } 100\% = \frac{100}{100} \times 90^\circ = 90^\circ$$

$$\text{Bukaan valve } 75\% = \frac{75}{100} \times 90^\circ = 67,5^\circ$$

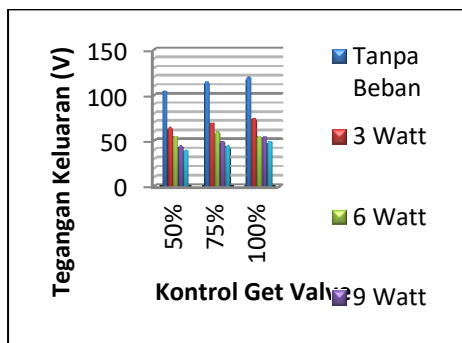
$$\text{Bukaan valve } 50\% = \frac{50}{100} \times 90^\circ = 45^\circ$$

Untuk data hasil pengujian pengaruh kontrol get valve terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3 Pengaruh Debit Dalam Pipa Terhadap Tegangan

Derajat	Kontrol Valve	Tegangan Keluaran Generator				
		0 W	3 W	6 W	9 W	12 W
90°	100%	120 V	75 V	70 V	55 V	50 V
67,5°	75%	115 V	70 V	60 V	50 V	45 V
45°	50%	105 V	65 V	55 V	45 V	40 V

Mengenai pengaruh kontrol get valve terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Grafik Fungsi Kontrol Get Valve Terhadap Tegangan Keluaran

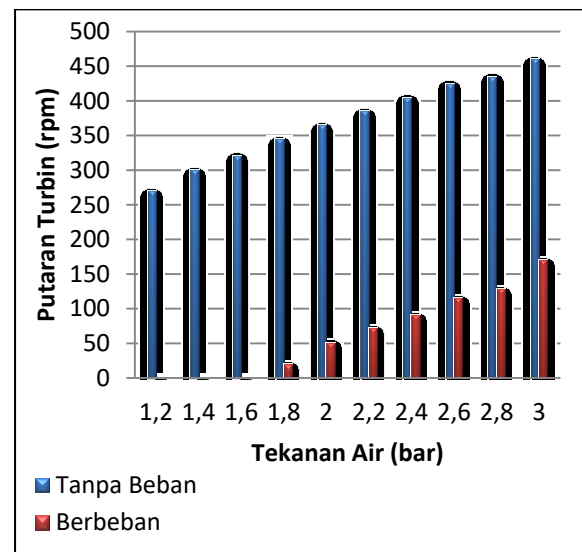
Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dianalisis bahwa pada saat kontrol get valve 50%, generator dapat menghasilkan tegangan 105 volt pada kondisi tanpa beban tetapi ketika generator dibebani dengan beban 3 – 12 W, tegangan yang dapat dihasilkan generator mengalami penurunan hingga 40 volt. Pada kondisi kontrol get valve 75%, generator mengalami kenaikan tegangan 115 volt pada keadaan tanpa beban, sedangkan pada saat berbeban 3 – 12 W, tegangan yang mampu dihasilkan generator mengalami penurunan hingga 45 volt. Pada saat kondisi kontrol get valve terbuka penuh atau 100%, tegangan yang dapat dihasilkan generator yaitu 120 volt tanpa berbeban generator. Disaat terpasangnya beban 3 – 12 W, generator dapat menghasilkan tegangan keluaran hingga 50 volt. Dari gambar grafik terlihat bahwa beban maksimal yang dapat dihasilkan generator yaitu 12 W dengan tegangan 50 volt. Dari hasil analisis diatas dapat disimpulkan bahwa debit air dalam pipa dipengaruhi oleh bukaan kontrol get valve. Kontrol get valve ini berpengaruh terhadap putaran turbin dan putaran generator, sehingga sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dapat dihasilkan generator.

Data hasil Pengujian pengaruh tekanan air terhadap putaran turbin dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Data Hasil Pengujian Tekanan Terhadap Putaran Turbin Dan Generator

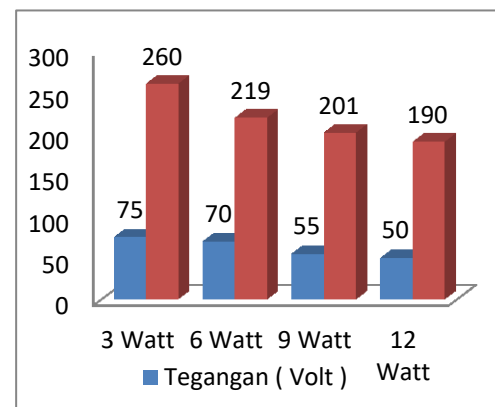
Tekanan (Bar)		n _{Turbin} (rpm)		n _{generator} (rpm)	V _{tanpa beban} (Volt)
N1	N2	n _{Tanpa Beban}	n _{Berbeban}		
3	3	460	170	423	120
2,8	2,8	435	128	336	90
2,6	2,6	425	115	295	80
2,4	2,4	405	91	231	65
2,2	2,2	385	72	187	55
2	2	365	51	134	40
1,8	1,8	345	20	62	20
1,6	1,6	321	0	0	0
1,4	1,4	300	0	0	0
1,2	1,2	270	0	0	0

Pengaruh tekanan air terhadap putaran turbin dapat dilihat pada Gambar 6.



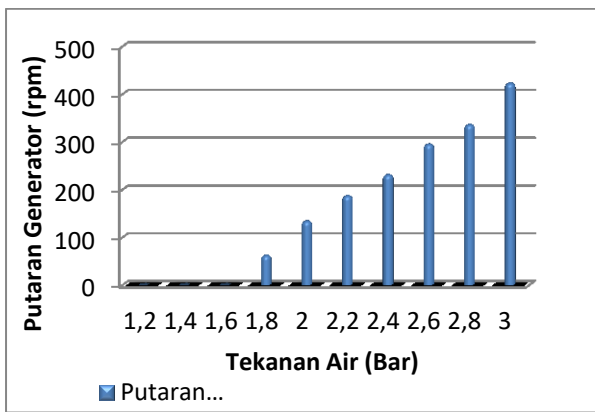
Gambar 6 Grafik Tekanan Air Terhadap Putaran Turbin

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dianalisis bahwa pada tekanan air 1,2 bar, turbin tanpa beban dapat menghasilkan putaran 270 rpm tetapi pada saat dibebani generator turbin berada pada putaran 0 rpm atau tidak dapat menghasilkan putaran. Kondisi ini juga terjadi pada tekanan air 1,4 bar dan 1,6 bar dimana turbin berbeban generator berada pada putaran 0 rpm. Pada tekanan air 1,8 bar, turbin tanpa beban dapat menghasilkan putaran 345 rpm dan saat dibebani generator, turbin dapat menghasilkan 20 rpm. Kondisi ini juga terjadi pada tekanan air 2 – 3 bar, dimana turbin berbeban generator berada pada putaran maksimal yaitu 170 rpm. Dari grafik juga dapat penulis analisis bahwa pada saat terjadi kenaikan tekanan air maka putaran turbin tanpa beban dan berbeban generator akan naik secara linear.



D. Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Putaran Generator

Pengaruh tekanan air terhadap putaran generator dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Tekanan Air Terhadap Putaran Generator

Berdasarkan grafik pada gambar 7, dapat dianalisis bahwa pada tekanan 1,2 bar, generator berada pada putaran 0 rpm atau tidak menghasilkan putaran. Kondisi ini terjadi pada tekanan 1,4 dan 1,6 bar, dimana generator tidak menghasilkan putaran (0 rpm). Pada tekanan 1,8 bar, generator dapat menghasilkan putaran 62 rpm. Kondisi ini juga terjadi pada tekanan 2 – 3 bar dimana putaran generator maksimal yang dapat dihasilkan yaitu 423 rpm. Dari analisis dapat disimpulkan bahwa tekanan air berpengaruh pada putaran generator dimana pada saat tekanan air mengalami kenaikan maka putaran generator juga mengalami kenaikan. Putaran generator ini dipengaruhi oleh putaran turbin. Turbin membutuhkan tekanan dari air untuk menghasilkan putaran.

Hasil pengujian pengaruh beban terhadap tegangan keluaran dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 Data Pengujian Beban Terhadap Tegangan Keluaran

Beban (Watt)	Putaran Turbin (rpm)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (Volt)
3	102	260	75
6	85	219	70
9	78	201	55
12	73	190	50

Berdasarkan hasil pengujian juga diperoleh bahwa pada beban terpasang 3 Watt, tegangan yang dapat dihasilkan adalah 75 volt dengan putaran generator 260 rpm. Pada saat beban terpasang ditambahkan menjadi 6 Watt, tegangan yang dihasilkan turun menjadi 70 volt dengan putaran generator 219 rpm. Pada kondisi beban generator terpasang 9 Watt dan 12 Watt, tegangan yang mengalami penurunan hingga 50 Volt yang menyebabkan putaran generator berada pada 190 rpm. Dari analisis diatas dapat disimpulkan bahwa ketika beban terpasang pada generator maka akan berpengaruh terhadap putaran pada generator. Putaran

generator ini sangat berpengaruh terhadap tegangan yang dapat dihasilkan generator.

V. KESIMPULAN

Dari Pembahasan di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Debit air dalam pipa dipengaruhi oleh pengaturan valve, bukaan valve 100% merupakan debit air maksimal yang dapat mengalir dalam pipa. Tegangan maksimal tanpa terpasangnya beban yang dapat dihasilkan yaitu 120 V, sedangkan tegangan maksimal saat terpasang beban penuh adalah 50 V
2. Tekanan air maksimal yang dapat memutar turbin yaitu 3 bar dengan putaran 460 rpm pada kondisi turbin tanpa beban dan putaran 170 rpm pada kondisi turbin dibebani generator.
3. Tekanan air berpengaruh pada putaran generator dimana putaran maksimal generator pada tekanan maksimal 3 bar yaitu 120 rpm dengan tegangan yang dihasilkan generator yaitu 120 V.
4. Beban total yang dapat terpasang pada prototype PLTPH adalah 12 W dengan tegangan keluaran 50 V

REFERENSI

- [1] Dewatama, D., Fauzia, M., & Safitri, H. K. (2018). *Kendali Dc-Dc Converter Pada Portable Pico-Hydro Menggunakan Pid Controller*. *Jurnal ELTEK*, Vol 16 No 02, 115-116.
- [2] Negara, D. N. (2009). *Kajian Potensi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Memanfaatkan Aliran Sungai Kelampauk Di Desa Tamblang Buleleng*. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM Vol. 3 No.1* , 125-126.
- [3] Sepdian, & Puspita, A. A. (2019). *Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, 31.
- [4] Hariady, S. (2014). *Analisa Kerusakan Pompa Sentrifugal 53-101C WTU SUNGAI GERONG PT. PERTAMINA RU III PLAJU*. *Jurnal Desiminasi Teknologi, Volume 2, No. 1*, 30-31.
- [5] Purnama, D. (2015). *Analisa kekuatan mekanik pada material AISI 4340 terhadap welding repair dengan metode SMAW*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta.