

Rancang Bangun Sistem Kendali Arah Air (*Guide Vane*) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Zulfahmi Lubis¹, Sisdamanto Adinandra²

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia
Jl Kaliurang KM 14.5 Yogyakarta, Indonesia

11524065@students.uii.ac.id

18/5 2018

Abstrak—*Guide vane* merupakan komponen untuk menentukan arah dan jumlah debit air yang akan masuk kedalam turbin. Pengendalian *guide vane* dipelukan karena pada saat sistem pembangkit listrik tenaga mikrohidro berjalan, nilai dari putaran turbin akan selalu berubah sesuai dengan jumlah debit air yang masuk dan juga beban yang disuplai. Maka peran pengendalian *guide vane* sangatlah penting untuk menstabilkan nilai putaran turbin agar tidak selalu berubah ubah ketika jumlah debit dan beban yang disuplai terjadi perubahan. Skripsi ini membahas tentang bagaimana cara membuat pengendali *guide vane* yang akan bekerja secara otomatis sesuai dengan kondisi beban. Sistem pengendali yang digunakan pada percobaan ini adalah dengan membaca putaran turbin, kemudian membandingkannya dengan nilai set point dan dilanjutkan dengan pemberian perintah oleh mikrokontroler arduino uno untuk menggerakkan aktuator servo yang akan mengatur sudut pergerakan *guide vane*. Hasil yang didapat pada perancangan sistem pengendali ini adalah pada saat sudut bukaan *guide vane* berada pada posisi maksimal, putaran turbin yang diperoleh adalah 420 rpm. Setelah seluruh sistem pengendalian diterapkan, didapati bahwa *guide vane* memiliki batas gerak sudut pengendalian yaitu 30° - 55°. Ketika *guide vane* telah mencapai batas gerak tersebut, maka *guide vane* tidak dapat lagi bergerak untuk mengendalikan putaran turbin, hasil tersebut dapat dilihat pada percobaan pengendalian menggunakan nilai set point 420 rpm. Sedangkan pada set point 300 dan 240 rpm sudut gerak *guide vane* masih dalam jarak batas yang telah diperoleh, sehingga pengendali dapat bekerja dengan baik untuk mengendalikan putaran turbin sesuai dengan set point.

Kata kunci : *Guide vane*, efisiensi, pengendali, putaran turbin (rpm)

I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) merupakan salah satu bentuk dari solusi pembaharuan pembangkitan energi listrik dengan cara memanfaatkan air dengan debit yang kecil sebagai sumber tenaga untuk menghasilkan energi listrik. Akan tetapi pada kenyataannya pembangkit listrik tenaga mikrohidro mempunyai kelemahan dalam pengoperasian. Tegangan yang dihasilkan PLTMH tidak stabil dan selalu berubah tergantung kondisi debit air dan beban. Sehingga dalam pengoperasian PLTMH dibutuhkan sebuah alat pengendali yang berfungsi mengendalikan kecepatan dan arah air ketika terjadi perubahan putaran turbin.

Pada umumnya pengendali yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro saat ini berbentuk gerbang yang berfungsi menentukan jumlah debit air yang masuk dan sekaligus mengarahkan aliran air sebelum masuk ke turbin atau biasa disebut *guide vane*. Akan tetapi baik keduanya dalam pengoperasiannya masih dilakukan secara manual atau dengan kata lain dibutuhkan tenaga manusia sebagai pengawas dan penggerak pengendali tersebut. Hal ini akan terlalu banyak menyita waktu dan tenaga untuk pemantauan

kondisi pembangkit listrik tersebut sehingga bisa dikatakan pengendaliannya akan tidak efektif jika operator tidak secara terus-menerus melakukan pemantauan.

Disinilah dibutuhkan sebuah alat pengendali arah aliran air (*guide vane*) untuk menentukan kecepatan putaran turbin yang bekerja secara otomatis dan tidak terlalu menyita tenaga dan waktu manusia dalam pengawasannya. Sehingga dalam pengoperasian pembangkit listrik tenaga mikrohidro tersebut dapat maksimal dan efisien.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang memanfaatkan energi air sebagai sumber tenaga. Pembangkit listrik ini dapat menggunakan tenaga air dengan cara memanfaatkan tinggi jatuh/head (dalam meter) dan jumlah debit air ($m^3/detik$). Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi, maka semakin besar pula energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik [1].

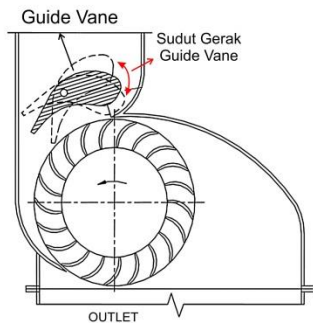


Gambar 2.1. Sistem PLTMH sederhana [4]

B. *Guide vane* (Pengarah Aliran Air)

Guide vane merupakan alat bantu yang berfungsi sebagai pengarah arah aliran air ke turbin. Pemilihan bahan yang tepat merupakan salah satu pertimbangan dalam pembuatan *guide vane*. Hal ini dikarenakan *guide vane* akan berkontak langsung terhadap air yang bertekanan tinggi. Pemilihan bahan dan bentuk yang salah akan menyebabkan *guide vane* cepat rusak, sehingga pemilihan bahan dan bentuk *guide vane* haruslah kuat dan tahan terhadap tekanan dan korosi yang disebabkan oleh air. *Guide vane* akan ditempatkan pada ujung media pengarah aliran air yang menuju turbin. Air yang menuju turbin akan dikendalikan terlebih dahulu arah alirannya oleh *guide vane*. Pada akhirnya arah aliran tersebut akan mempengaruhi laju putaran turbin dan mengakibatkan terkendalinya hasil keluaran generator yang diputar oleh turbin [2].

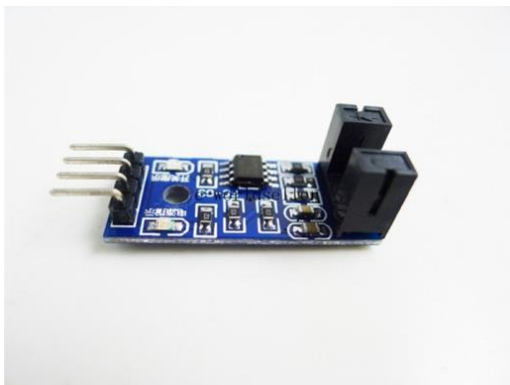
Cara kerja *guide vane* adalah dengan mengarahkan aliran air yang akan masuk kedalam turbin. Sehingga setiap sudu turbin mendapatkan sudut serang air yang maksimal, dan pada akhirnya komponen *guide vane* tersebut dapat meningkatkan nilai efisiensi sistem aliran air.



Gambar 2.2. Sudut pergerakan *guide vane*

A. Sensor Rotary Encoder

Sensor akan bertugas sebagai pembaca nilai putaran turbin dengan cara mengkonversikan nilai serial pulsa yang dihasilkan piringan encoder menjadi kode digital. Hasil pembacaan sensor akan dimanfaatkan sebagai masukan pembanding dalam pengaturan gerak *guide vane*. Kepekaan sensor sangat penting terhadap pemberian logika pergerakan *guide vane*, sehingga dibutuhkan sensor yang memiliki respon cepat dan akurat.



Gambar 2.3. Sensor rotary encoder (ebay.com)

B. Interupsi (Interrupt) Pada Mikrokontroler Arduino Uno

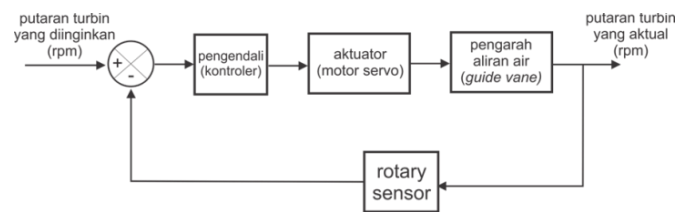
Interrupt adalah suatu keadaan dimana saat program interrupt dipicu baik secara eksternal maupun internal, program interrupt akan menghentikan sejenak program yang sedang berjalan dan melaksanakan program interrupt tersebut. Pada board arduino uno memiliki 2 pin interrupt yaitu INTO pada pin 2 digital dan INT1 pada pin 3 digital [3].



Gambar 2.4. Mikrokontroler Arduino UNO [6]

II. PERANCANGAN SISTEM

Desain sistem pada penelitian ini secara garis besar dapat dilihat pada diagram blok yang terletak pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram blok sistem

Pada Gambar 3.1 putaran turbin yang dimaksud adalah nilai hasil konversi besarnya debit air menjadi nilai putaran (rpm). Terdapat 2 jenis nilai putaran turbin pada sistem, yaitu putaran turbin yang diinginkan dan putaran turbin yang sebenarnya (aktual). Putaran turbin yang diinginkan merupakan nilai set point yang digunakan sebagai acuan utama nilai pembanding pada tahap pengendalian. Sedangkan putaran turbin yang sebenarnya adalah nilai putaran turbin yang terbaca langsung oleh *rotary sensor*.

Pada bagan pengendali, nilai putaran yang sebenarnya (terbaca) akan langsung dibandingkan dengan nilai turbin yang diinginkan. Jika nilai putaran turbin yang terbaca tidak sesuai dengan nilai putaran turbin yang diinginkan, maka pengendali akan memberi perintah kepada aktuator untuk menggerakkan *guide vane* menuju sudut untuk mempercepat atau memperlambat laju air.

A. Pengumpulan Data

Data yang dimaksudkan pada tahap pengumpulan data adalah jumlah debit air yang akan masuk kedalam turbin, sehingga turbin dapat berputar. Debit adalah banyaknya volume zat yang melalui suatu penampang tiap satuan waktu. Sehingga dapat dirumuskan debit (Q) = volume aliran (m^3) / waktu aliran (detik). Sumber debit air yang digunakan pada penelitian adalah menggunakan 2 buah pompa submersible yang telah memiliki nilai debit tertulis yaitu $0,00175 m^3/detik$. Untuk mendapati nilai debit aktual, maka dilakukan pengukuran debit secara manual. Yaitu dengan cara menghitung waktu yang diperlukan untuk pengisian wadah yang volumenya telah ditetapkan. Tahapan untuk pengukuran debit secara manual dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Siapkan bahan untuk pengukuran debit, yaitu : wadah/ember 10 liter dan stopwatch.
2. Hitung waktu yang dibutuhkan pompa air dengan stopwatch untuk dapat mengisi wadah/ember hingga penuh.

Dari percobaan diatas dapat diketahui :

Volume aliran=10 liter

Waktu=8,096 detik

Sehingga, debit (Q)=10 liter / 8,096 detik

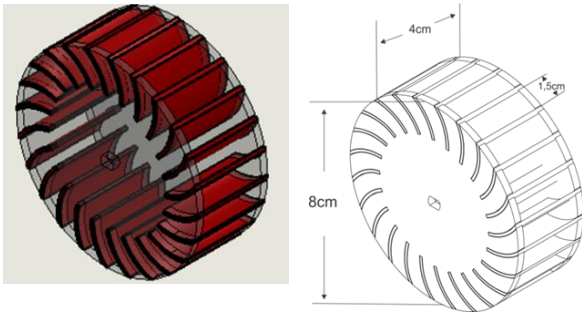
debit (Q)=1,3252 liter/detik

Setelah dikonversikan, debit (Q)=0,0013252 $m^3/detik$

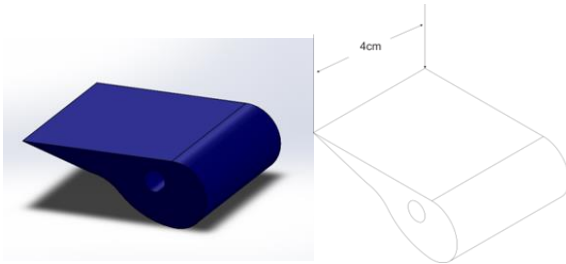
Dari percobaan diatas didapati jumlah debit air yang terukur adalah $0,0013252 m^3/detik$.

B. Perancangan Rangkaian Mekanik

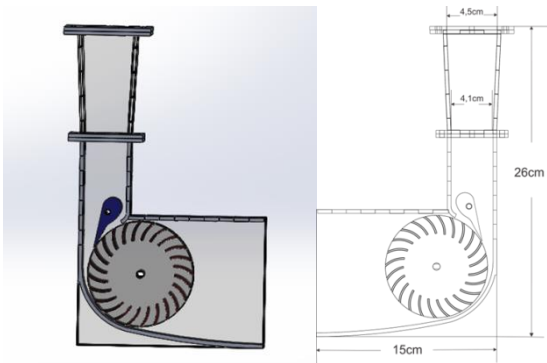
Perancangan rangkaian mekanik terbagi menjadi 3 bagian yaitu desain dengan menggunakan software, pencetakan hasil desain, dan perakitan seluruh komponen



Gambar 3.2. Desain dan dimensi turbin crossflow



Gambar 3.3. Desain dan dimensi guide vane



Gambar 3.4. Assembly desain dan dimensi miniatur PLTMH

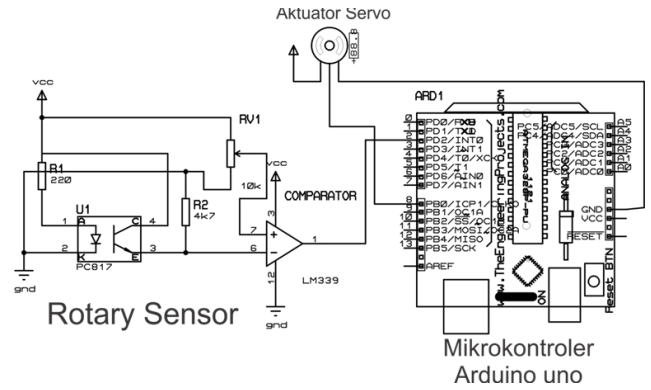


Gambar 3.5. Hasil perakitan seluruh komponen

C. Perancangan Rangkaian Elektronik

Perancangan rangkaian sistem elektronik meliputi pemilihan sekaligus penerapan seluruh komponen yang akan digunakan, yaitu sensor sebagai pembaca nilai putaran turbin, mikrokontroler sebagai pengendali sistem hingga aktuator

sebagai penggerak *guide vane*. Rangkaian skematik sistem elektronik dapat dilihat pada Gambar 3.6.



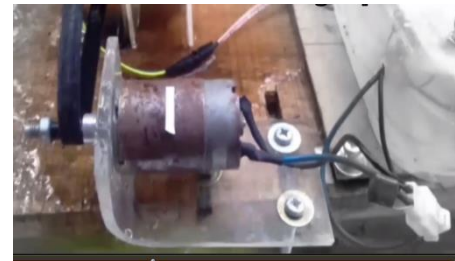
Gambar 3.6. Rangkaian skematik sistem elektronik

Beban yang akan digunakan pada penelitian adalah 7 buah LED dirangkai paralel dengan arus dan daya yang dibutuhkan untuk masing-masing LED adalah 0,018 ampere, 0,067 watt. Jumlah beban LED tersebut akan divariasikan untuk membuat perubahan nilai putaran generator akibat terjadinya drop tegangan pada generator. Perubahan nilai putaran generator tersebut nantinya akan ikut mempengaruhi nilai putaran turbin, sehingga perubahan nilai putaran turbin tersebut akan dibaca oleh sensor dan kemudian dikendalikan.



Gambar 3.7. Rangkaian beban LED

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Pada penelitian ini generator yang digunakan adalah generator DC dengan spesifikasi 24 volt/1,6 ampere.



Gambar 3.8. Generator DC

Sensor yang akan membaca putaran akan dihubungkan dengan poros turbin yang telah terpasang piringan encoder. Kemudian keluaran dari sensor akan dihubungkan dengan pin 2 pada mikrokontroler arduino uno, yang mana pin 2 tersebut merupakan pin *interrupt*. Fungsi *interrupt* pada mikrokontroler akan diaktifkan untuk pembacaan putaran turbin secara terus menerus.



Gambar 3.7. Sensor encoder

Aktuator yang digunakan sebagai penggerak *guide vane* adalah berjenis motor servo yang mempunyai torsi 15 kg. Servo akan disambungkan dengan pin 8 pada mikrokontroler. Pin 8 pada mikrokontroler bertindak sebagai pemberi pulsa untuk pergerakan servo.



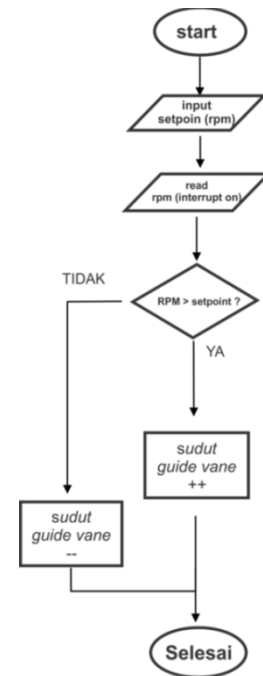
Gambar 3.8. Aktuator servo

Sistem pengendali menggunakan mikrokontroler arduino uno sebagai pengolah data dan pemberi perintah. Mikrokontroler arduino uno ini ditempatkan didalam wadah yang terletak pada sisi turbin, wadah ini berfungsi sebagai pelindung mikrokontroler agar tidak terkena air.



Gambar 3.9. Mikrokontroler Arduino Uno

Untuk mendapati kinerja pengolahan data dan pemberian perintah yang sesuai, maka diperlukan perancangan pemrograman yang dapat membaca dan mengolah data dengan tepat dan akurat. Alur pemrograman dapat dilihat pada flowchart Gambar 3.10.



Gambar 3.10. Flowchart pemrograman

III. PENGUJIAN, ANALISA, DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian dan Analisa Nilai Kecepatan Putaran Turbin

Pengujian nilai kecepatan putaran turbin dilakukan dengan percobaan pengambilan data nilai kecepatan turbin yang terbaca oleh sensor. Percobaan dilakukan dengan pengaturan sudut *guide vane* secara manual dan menggunakan metode 3 kali pengambilan data. Pada setiap percobaan, sudut pergerakan *guide vane* diubah-ubah dari bukaan sudut terkecil hingga terbesar.

Percobaan pengukuran kecepatan turbin dilakukan sebanyak 5 kali percobaan dengan variasi besar sudut antara 30° - 50°. Hasil dari percobaan ini didapati bahwa kecepatan turbin akan mengecil ketika sudut *guide vane* diperbesar. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Tabel pengukuran kecepatan turbin dalam satuan rpm

Variasi Sudut	Nilai Kecepatan Turbin (RPM)					
	Percobaan I		Percobaan II		Percobaan III	
	Sensor	Tachometer	Sensor	Tachometer	Sensor	Tachometer
30°	420	418	420	419	380	419
35°	360	370	420	380	420	370
40°	360	355	360	356	360	359
45°	240	235	300	235	300	233
50°	90	80	90	82	90	87

B. Analisa Nilai Frekuensi

Nilai kecepatan putaran turbin yang diperoleh pada Tabel 4.1 akan mempengaruhi nilai frekuensi yang dihasilkan generator. Kecepatan putaran turbin dan nilai frekuensi saling berkaitan karena semakin tinggi kecepatan putaran turbin maka frekuensi yang dihasilkan oleh generator semakin tinggi dan sebaliknya. Untuk mengetahui nilai frekuensi yang dihasilkan dapat menggunakan persamaan 4.1.

$$N = 120f/P$$

Dimana :

N = Kecepatan turbin (RPM)

f = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub generator

Percobaan pengukuran nilai frekuensi berdasarkan kecepatan turbin yang terdapat pada Tabel 4.1 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Tabel pengukuran nilai frekuensi

Variasi Sudut	Nilai Frekuensi (Hz)					
	Percobaan I		Percobaan II		Percobaan III	
	Sen sor	Tacho meter	Sen sor	Tacho meter	Sen sor	Tacho meter
30°	7	6,97	7	6,98	6,33	6,98
35°	6	6,16	7	6,33	7	6,16
40°	6	5,91	6	5,93	6	5,98
45°	4	3,91	5	3,91	5	3,83
50°	1,5	1,33	1,5	1,36	1,5	1,45

C. Pengujian Sistem Kendali

Pengujian sistem kendali merupakan percobaan penstabilan nilai keluaran yang telah didapat dengan menerapkan nilai *set point* yang telah ditentukan. Nilai *set point* berupa nilai putaran turbin (rpm) yang akan dijadikan acuan sekaligus pembanding dalam pengendalian gerak *guide vane*..

Pengujian sistem akan dilakukan sebanyak 3 kali dengan masing – masing pengujian menggunakan nilai *set point* yang berbeda. Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan turbin pada Tabel 4.2, maka dipilih nilai *set point* yang akan digunakan adalah 420 rpm, 300 rpm, dan 240 rpm. Nilai *set point* tersebut dipilih berdasarkan variasi nilai yang didapat pada pengukuran kecepatan. Sehingga dipilih nilai maksimum, tengah, dan minimum dari hasil pengukuran kecepatan turbin sebagai nilai *set point*. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

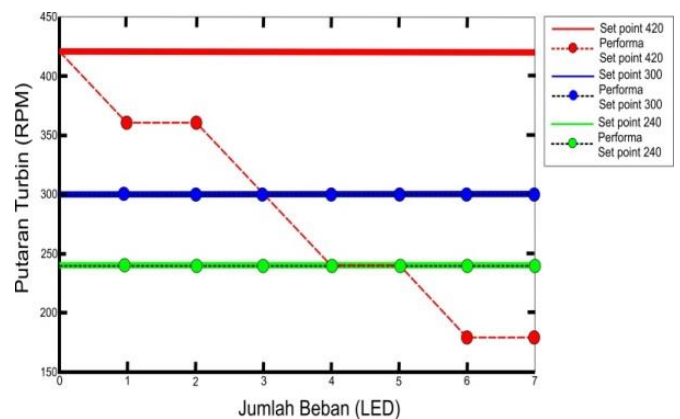
Pada saat percobaan menggunakan *set point* 420 rpm, didapati bahwa ketika beban belum dinyalakan, putaran turbin telah mencapai nilai tertinggi dan pergerakan *guide vane* juga telah mencapai sudut terkecil (30°). Ketika beban mulai dinyalakan, terjadi penurunan nilai putaran turbin. Hal ini disebabkan karena *guide vane* telah mencapai batas pengendalian terkecil, sehingga tidak dapat bergerak lagi untuk memberikan pengendalian mempercepat putaran turbin. Pada percobaan kedua dan ketiga dengan menggunakan nilai *set point* yang sama, terdapat perbedaan nilai rpm antara percobaan pertama dan selanjutnya. Perbedaan nilai terjadi karena perubahan performa komponen mekanik pada saat pengujian pertama dan berikutnya, sehingga hasil yang diperoleh akan berbeda antara masing – masing percobaan.

Pada percobaan selanjutnya menggunakan *set point* 300 dan 240 rpm, didapati bahwa ketika beban belum ataupun sudah dinyalakan, *guide vane* dapat terus bergerak untuk mengendalikan nilai putaran turbin. Sehingga ketika dilakukan penambahan atau pengurangan beban, nilai putran turbin tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Akan tetapi pada percobaan kedua hingga ketiga dengan

menggunakan *set point* yang sama, terdapat perbedaan nilai sudut gerak *guide vane* antara percobaan pertama hingga selanjutnya. Hal ini disebabkan karena perubahan performa komponen mekanik dan kurang presisinya komponen pengendalian. Sehingga terdapat perbedaan nilai sudut gerak *guide vane* antara percobaan pertama dan selanjutnya. Kinerja rata – rata putaran turbin dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Tabel 4.3. Tabel percobaan sistem kendali

SP	PERCOBAAN	VARIASI BEBAN									
		0	1	2	3	4	5	6	7		
420	I	RPM	300	300	240	240	240	180	180	180	
		Sudut (°)	30	30	30	30	30	30	30	30	
	II	RPM	360	360	300	300	300	240	180	180	
		Sudut (°)	30	30	30	30	30	30	30	30	
	III	RPM	360	300	300	240	240	240	180	180	
		Sudut (°)	30	30	30	30	30	30	30	30	
	Rata - rata	RPM	340	320	280	260	260	220	180	180	
		Sudut (°)	30	30	30	30	30	30	30	30	
	300	I	RPM	300	300	300	300	300	300	300	300
			Sudut (°)	55	53	51	49	46	43	42	30
II		RPM	300	300	300	300	300	300	300	300	
		Sudut (°)	55	54	52	49	47	43	41	33	
III		RPM	300	300	300	300	300	300	300	300	
		Sudut (°)	55	53	52	50	48	43	42	32	
Rata - rata		RPM	300	300	300	300	300	300	300	300	
		Sudut (°)	55	53,3	51,6	49,3	47	43	41,6	31,6	
240		I	RPM	300	240	240	240	240	240	240	240
			Sudut (°)	55	55	52	48	47	47	46	44
	II	RPM	300	240	240	240	240	240	240	240	
		Sudut (°)	55	55	52	49	47	46	45	44	
	III	RPM	300	240	240	240	240	240	240	240	
		Sudut (°)	55	54	53	48	47	47	45	44	
	Rata - rata	RPM	300	240	240	240	240	240	240	240	
		Sudut (°)	55	54,6	52,3	48,3	47	47,3	45,3	44	



Gambar 4.1. Grafik rata – rata kinerja putaran turbin terhadap jumlah beban.

IV. KESIMPULAN

Dari percobaan rancang bangun sistem kendali arah air (*guide vane*), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Putaran turbin maksimal yang diperoleh dari percobaan adalah sebesar 420 rpm dengan sudut gerak *guide vane* 30°.
2. *Guide vane* memiliki batas sudut gerak dalam pengoperasiannya, yaitu batas terkecil 30° dan batas terbesar adalah 55°.
3. Ketika *guide vane* telah mencapai batas gerak dalam pengendalian, *guide vane* tersebut tidak mampu lagi bergerak untuk mengendalikan arah air yang akan memutar turbin, sehingga putaran turbin menjadi liar.
4. Pada saat penggunaan *set point* 420 rpm, pengendali tidak dapat mengendalikan putaran turbin karena sudut gerak *guide vane* telah mencapai batas gerak. Sedangkan pada saat penggunaan *set point* 300 dan 240 rpm, pengendali dapat bekerja dengan baik dalam menggerakkan sudut *guide vane* untuk mempertahankan nilai putaran turbin (rpm).
5. Ketidakstabilan nilai yang didapat selama percobaan terjadi karena faktor komponen mekanik yang kurang presisi dan juga komponen pengendali yang kurang stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Fukotomi dan R. Nakamura. "Performance and Internal Flow of Cross-Flow Fan With Inlet Guide Vane." 2005.
- [2] M. Welson. "Perencanaan Governor Menggunakan Motor DC Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Politeknik Padang." 2008.
- [3] A. M. Rahardian.. Rancang bangun pengendali frekuensi berbasis MCS-89C51 untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro di Laboratorium Teknik Energi.
<http://digilib.polban.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbtpolban-gdl-s1-2004-adhimaulan-441> (2004).
- [4] G. NhurRahmat. "Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro."
https://www.academia.edu/8652291/MAKALAH_PLTMH.
- [6] A. T. S. Putra. "Rancang Bangun Guide Vane Turbin Crossflow Untuk PLTMH Berkapasitas 8 kW Di Sungkai Kelurahan Lambung Bukit Kecamatan Pauh Padang." Padang, 2009.
- [7] ArduinoBoardUNO.
<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>.