

**SIMULASI PEMODELAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKOHIDRO/PLTMH
DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB/SIMULINK**

Mulya Adi Prasetya

S1 Teknik Elektro, Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: Mulyaprasetya16050874017@unesa.ac.id

Widi Aribowo, ST., M.T. Ibrohim, S.T.,M.T. Unit Three Kartini, S.T.,M.T.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya Ketintang 60231, Indonesia
Email : widiaribowo@unesa.ac.id ibrohim@unesa.ac.id unitthree@unesa.ac.id.

Abstrak:

Indonesia menjadi salah satu negara yang di anugerahi berbagai macam energi terbarukan yang sangat melimpah ruah di setiap penjuru negeri, salah satu energi terbarukan tersebut yaitu berupa energi air. Potensi dari energi air di Indonesia cukup besar yaitu sekitar 75.000 MW. Akan tetapi dari melimpahnya energi yang ada tersebut, Indonesia hanya mampu memaksimalkannya berkisar 7% saja dari kapasitas yang ada. Pembangkit listrik tenaga mikohidro ialah pembangkit yang membutuhkan energi kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan paling utama dalam era modern seperti sekarang ini, Biaya listrik tenaga air sendiri cukup rendah, yang menjadikannya kompetitif untuk sebuah energi terbarukan. Pembangkitnya tidak akan menghabiskan air itu sendiri, beda dengan pembangkit kompetitornya yaitu pembangkit listrik tenaga batu bara yang membutuhkan batu bara dengan jumlah yang sangat banyak dan batu bara sendiri tidak semua Negara mempunyai sumber daya batu bara di tanah mereka hanya ada beberapa Negara saja contohnya Indonesia. Pembangkit listrik tenaga air terdiri dari tiga bagian, yaitu diantaranya pengatur (pengontrol), sistem hidro servo, dan hidro turbin. Secara keseluruhan bagian ini dikenal sebagai pengatur turbin air yang dihubungkan ke generator sinkron untuk menggerakkan poros sehingga energi mekanik dari turbin bisa diubah menjadi energi listrik. Pada penelitian ini penulis akan membahas tentang pemodelan simulasi dari pembangkit listrik tenaga mikohidro dengan menggunakan aplikasi MATLAB/SIMULINK. Hasil dari pemodelan tersebut didapatkan daya yang bisa dibangkitkan sebesar 18 Watt, Putaran Rotor didapatkan sebesar 29 RPM, dan arusnya mencapai 2A (Ampere) dan yang terakhir daya reaktif mencapai 0.05 VAR.

Kata Kunci: Simulasi, MATLAB/SIMULINK, Generator Sinkron

Abstract:

Indonesia is one of the countries that has been awarded various kinds of renewable energy which is very abundant in every corner of the country, one of the renewable energies is in the form of water energy. The potential of water energy in Indonesia is quite large, around 75,000 MW. However, from the abundance of available energy, Indonesia is only able to maximize it, around 7% of the existing capacity. Hydroelectric power is a generator that relies on the kinetic energy of water to produce electrical energy. Electrical energy is one of the most important needs in the modern era like today. The cost of hydroelectric power itself is quite low, which makes it competitive for a renewable energy. The plant will not use up the water itself, in contrast to its competitors, namely coal-fired power plants that require a large amount of coal and coal itself, not all countries have coal resources on their land, only a few countries, for example Indonesia. Hydroelectric power consists of three parts, namely a regulator, servo hydro system, and hydro turbine. Overall this part is known as a water turbine regulator which is connected to a synchronous generator to move the shaft so that the mechanical energy from the turbine can be converted into electrical energy. In this research, the writer discusses the simulation of micro hydro power plant modeling using the MATLAB / SIMULINK application. The results of the modeling show that the power that can be generated is 18 Watt, the rotor rotation is 29 RPM, and the current reaches 2A (Ampere) and finally the reactive power reaches 0.05 VAR.

Keywords: Simulation, SIMULINK/MATLAB Synchronous Generator

PENDAHULUAN

Pemodelan ialah sebuah upaya yang sangat baik digunakan untuk mengetahui perilaku ataupun sebagai pengatur sebuah sistem. Dengan sebuah model orang bisa menjelaskan suatu sistem berperilaku. Bahkan seseorang juga dapat meramalkan apa yang akan terjadi pada sebuah sistem tersebut tanpa melakukan simulasi pada sistemnya. Dengan diciptakannya model maka biaya yang digunakan untuk menganalisa atau memperbaiki sistem bisa ditekan sekecil mungkin dan tidak beresiko tinggi. Adikurniawan, (A. Daniel, Dkk. 2017.)

Tujuan dibuatnya pemodelan pada dasarnya dibagi menjadi 2 tujuan yang berbeda diantaranya pemodelan yang digunakan untuk mengetahui perilaku sebuah sistem dan pemodelan yang dilakukan untuk merancang sebuah sistem pengatur. Pemodelan yang dirancang sebagai sistem pengatur umumnya dilakukan dengan melakukan banyak penyederhanaan yang memperhatikan masukan, keluaran dan juga gangguan yang ada.

Pemodelan yang untuk mengetahui perilaku sebuah sistem dibedakan menjadi dua yang pertama yaitu pemodelan skala dan yang kedua pemodelan dengan menggunakan simulasi komputer/PC. Pemodelan dari sistem yang sederhana dapat dinyatakan dalam bentuk rumusan Matematik. Pada model matematik biasa diselesaikan menggunakan simulasi komputer dikarenakan melibatkan cukup banyak perhitungan yang perlu dilakukan. (Syahputra, R, Soesanti, I. 2015)

Perkembangan dari komputer dengan banyaknya inovasi telah memberikan banyak kontribusi yang sangat signifikan bagi kemajuan ilmu pengetahuan yaitu diantaranya adanya *software-software* yang mempermudah dalam membantu peneliti merancang serta mempraktisi lainnya. Salah satu *software* yang umum digunakan dalam pemodelan adalah MATLAB yang telah dirilis oleh sebuah perusahaan yang bernama MATHWORK. (Aribowo, Widi Dkk, 2020).

Tujuan Dalam pembuatan artikel ini adalah membuat sebuah pemodelan dari pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH menggunakan bantuan aplikasi MATLAB/SIMULINK dan melihat respon dari keluarannya yang berupa Daya (Watt), Arus (Ampere), kecepatan putaran rotor generator (RPM).

Pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH

Pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH ialah suatu bentuk dari perubahan tenaga air dari ketinggian atau debit

tertentu untuk dimanfaatkan sebagai tenaga listrik, dengan cara memanfaatkan turbin air sebagai penggerak untuk memutar generator. Daya (*power*) yang bisa dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = P \times Q \times H \times G \quad (1)$$

Dimana :

P = daya keluaran secara teoritis (watt)

P = masa jenis fluida (kg/m³/s)

Q = debit air (m³/s)

H = ketinggian afektif (M)

G = gaya grafitasi (m/s²) (odi,F, 2015)

Daya keluaran dari generator bisa dihasilkan perkalian dari efisiensi turbin dan generator dari rumus diatas. Daya yang dapat dihasilkan ialah hasil kali dari tinggi jatuhnya air dan debit air, oleh karena itu keberhasilan pembangkit listrik tenaga air bergantung pada upaya untuk bisa mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif.

Bentuk dari pembangkit listrik tenaga air adalah generator yang dihubungkan pada turbin dan digerakan oleh energi kinetik berupa air. Tetapi secara menyeluruh, pembangkit listrik tenaga air tidak terbatas dari waduk maupun air terjun, melainkan juga meliputi energi dalam bentuk gelombang air laut yang juga dapat di manfaatkan sebagai energi pembangkit listrik tenaga gelombang laut. (Adikurniawan, Dkk. 2017)

1. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga mikohidro/PLTMH Ada beberapa komponen yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga mikohidro baik dari bagian komponen utama atau bagian penunjang diantaranya sebagai berikut :

a. Dam

Dam atau biasa di sebut bendungan (*intake*). Dam berfungsi sebagai mengarahkan air melalui sebuah celah pada bagian sisi sungai untuk selanjutnya ditampung dalam bak pengendap.

b. Bak pengendap (*setting basin*).

Bak pengendap di gunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir yang terbawa oleh air.

c. Bak penenang (*forebay*).

Berfungsi sebagai pencegah turbulensi air sebelum dikeluarkan melewati pipa pesat.

d. Pipa pesat (*Penstock*).

Disambungkan kedalam sebuah elevasi yang lebih rendah ke dalam roda air yang biasa disebut dengan turbin. Turbin digunakan untuk mengkonfersi energi

SIMULASI PEMODELAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO/PLTMH DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB/SIMULINK

kinetik berupa air dan selanjutnya di konversikan ke energi putaran mekanis.

e. Generator.

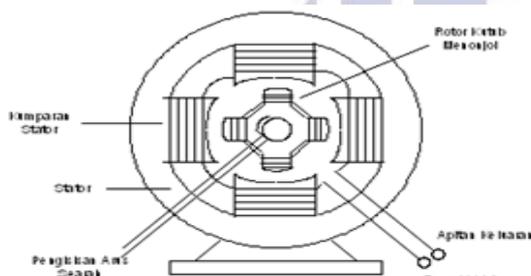
Generator berguna sebagai penghasil energi listrik dari putaran energi mekanis.

f. Panel control.

Panel control berfungsi sebagai penstabil tegangan

Generator

Generator ialah suatu alat yang mampu mengubah energi mekanis untuk dirubah menjadi energi Listrik. Energi mekanis bisa didapatkan dari panas, air, uap, batubara, dan lain-lain. Energi listrik yang bisa dihasilkan dari keluaran generator bisa berupa Listrik AC (bolak-balik) ataupun Listrik DC (searah). Skema prinsip kerja generator listrik ditunjukkan pada gambar 1. (Basar, M.F., Dkk 2018)



Gambar 1. Skema prinsip kerja generator listrik (Basar, M.F., dan Musa. M 2018)

Umumnya gaya gerak listrik didapat dari memanfaatkan dari perubahan magnet. Sumber untuk bisa mendapatkan energi mekanik dapat diperoleh dari turbin/kincir air yang memanfaatkan dari aliran air sungai atau bendungan (Dam). (Putro, Yogi Suryo Setyo, 2016)

Generator arus searah/sinkron dapat menghasilkan arus DC dikarenakan konstruksi dari generator sinkron dilengkapi dengan komutator dan sedangkan pada generator Arus bolak-balik dapat menghasilkan arus listrik AC dikarenakan konstruksi generator yang menyebabkan arah arus berbalik pada setiap setengah putarannya. Untuk gambar yang lebih detail mengenai konstruksi generator sinkron bisa dilihat pada gambar 2.

Bagian-bagian pada Generator

Bagian utama yang ada pada Generator yang paling dibutuhkan untuk mengubah energi mekanik untuk dijadikan sebagai energi listrik adalah sebagai berikut:

1. Rangka Stator

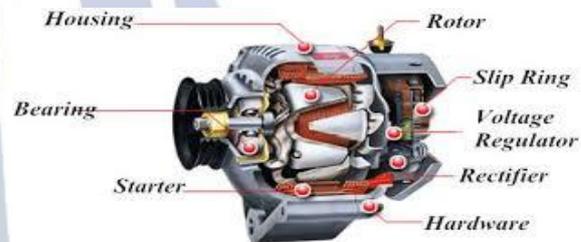
Rangka stator yaitu badan yang paling utama atau body generator yang dibuat dari baja yang sangat kuat.

2. Stator

Adalah bagian yang menempel dirangka generator dan juga terdapat lilitan stator yang berfungsi sebagai induksi dari gaya gerak listrik. Untuk bahan yang digunakan pada stator yaitu terbuat dari ferromagnetic yang tersusun berlapis dan ada alur pada lilitan stator.

3. Slip ring

Mempunyai bentuk seperti cincin mempunyai 2 buah dan mengikuti putaran rotor dan poros generator. Bahannya bisa terbuat dari tembaga atau kuningan slip ring juga mempunyai tugas untuk mentransferkan listrik dari motor.

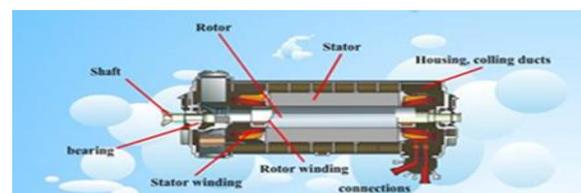


Gambar 3. Bagian-bagian pada generator (Adikurniawan, A. Daniel, R dan Hanny, HT. 2017)

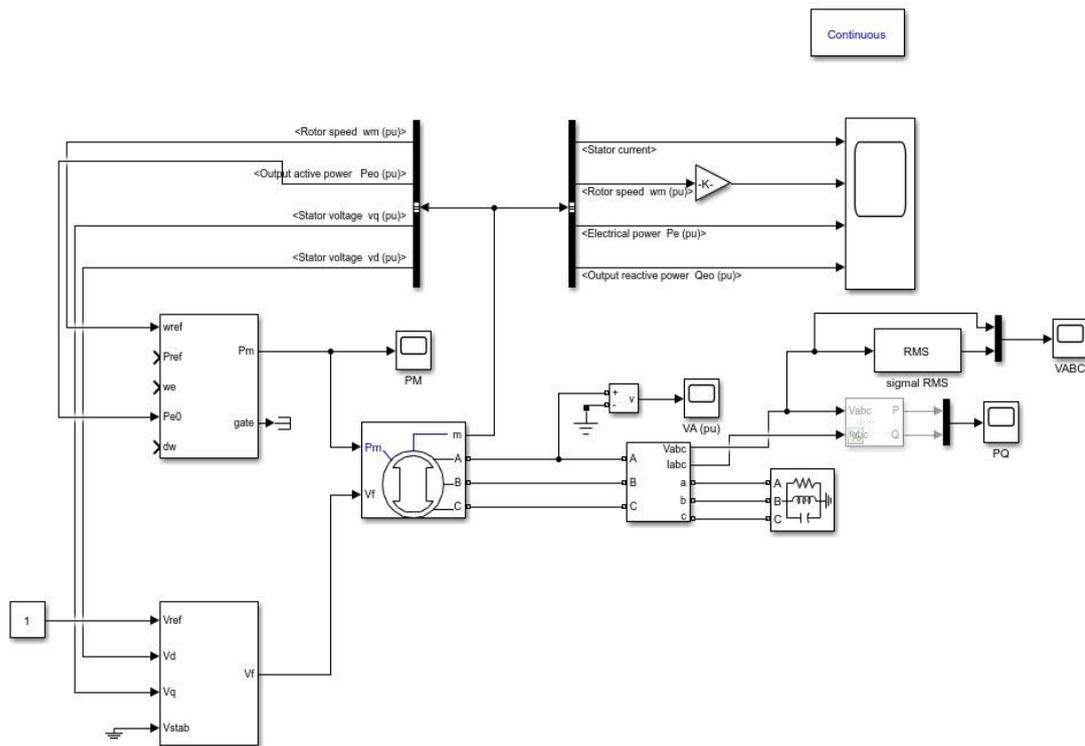
Harmonisa pada generator sinkron

Harmonisa yaitu fenomena sistem dari tenaga listrik yang bisa menimbulkan permasalahan kualitas dari gelombang arus atau tegangan suplai menjadikan terdistorsi sehingga dapat mengakibatkan membahayakan peralatan listrik, baik dari generatornya maupun rotornya. (Syarief, Ahmad, Dkk. 2015)

Peran dari harmonisa pada sistem tenaga listrik sangat besar, yaitu pada peralatan yang terdapat di sistem tenaga. Harmonisa bisa mengakibatkan dampak yang berupa panas yaitu pada beberapa alat seperti halnya generator dan juga Transformator dikarenakan kecenderungan dari harmonisa mengalir ketempat yang impedansi lebih rendah.



Gambar 2. Konstruksi Generator Sinkron (Kunek, Kurnelius. 2015)



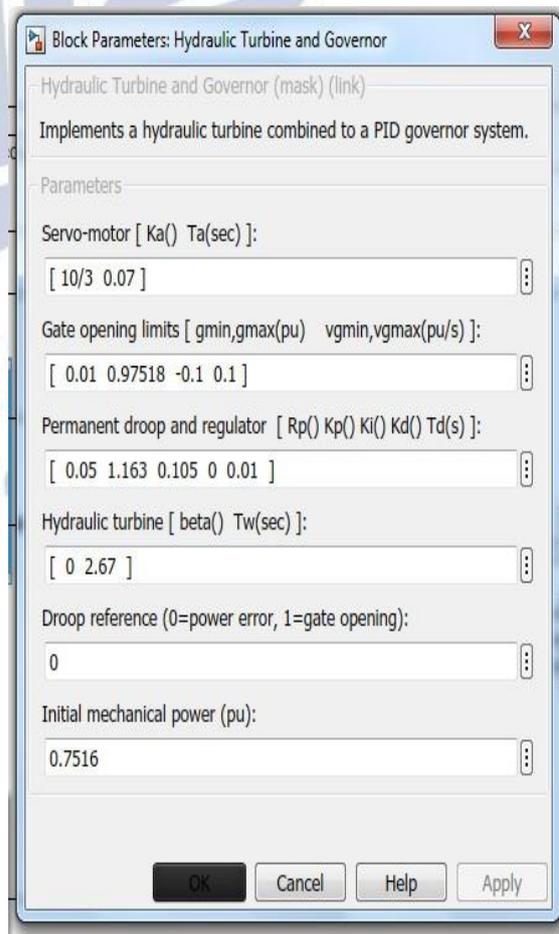
Gambar 3. .keseluruhan pemodelan pembangkit listrik tenaga mikohidro

METODE PENELITIAN

Pada Penelitian artikel ini pemodelan dari pembangkit listrik tenaga Mikohidro /PLTMH diimplementasikan dengan menggunakan Simulasi MATLAB/SIMULINK dan untuk tahapan dari sekema penelitian yang dilaksanakan pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

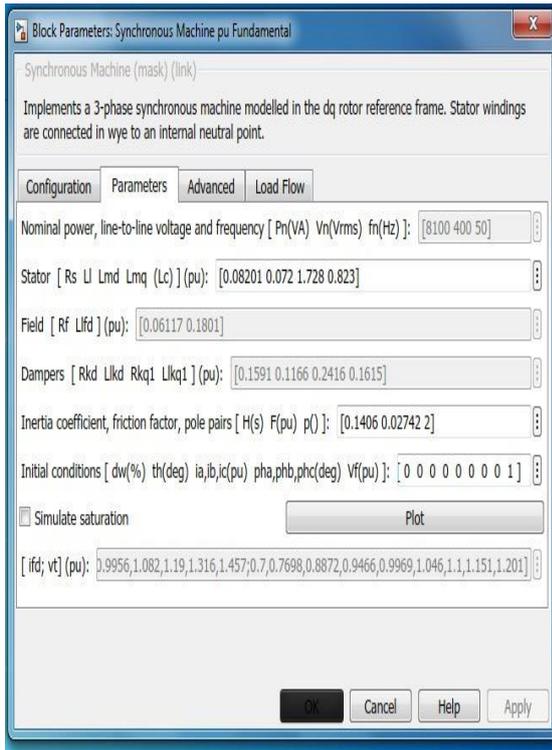
- 1.) Mengumpulkan data-data yang berkaitan pada proyek penelitian tersebut yang berupa jurnal-jurnal atau buku berkaitan dengan judul dari penelitian.
- 2.) Membuat perancangan model pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH pada window MATLAB/SIMULINK.
- 3.) Mensimulasikan apakah perancangan model pembangkit listrik tenaga Mikohidro/PLTMH sudah berjalan dengan baik dan benar. Dan berjalan seperti rencana awal
- 4.) Dan yang terakhir yaitu Melakukan analisa data atau keluaran yang dihasilkan dari perancangan simulasi Simulink.outputannya berupa daya (Watt), Arus (Ampere), kecepatan putaran Rotor (RPM),

Permodelan dari keseluruhan simulasi pemodelan pembangkit listrik tenaga mikihidro/PLTMH beserta parameter-parameter yang digunakan pada generator dan turbin menggunakan MATLAB/SIMULINK tersebut dapat dilihat pada digambar 3, 4, 5.



Gambar 4. Parameter-parameter yang digunakan pada generator sinkron

SIMULASI PEMODELAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKOHIDRO/PLTMH DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI MATLAB/SIMULINK

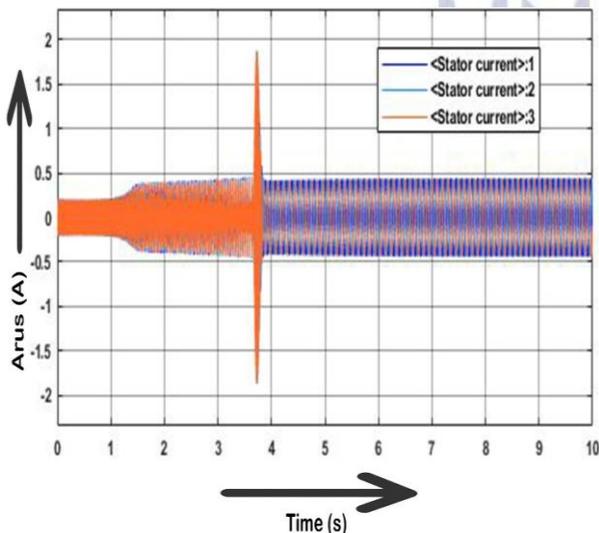


Gambar 5. Parameter yang digunakan pada turbin Air

ANALISA DATA

Arus

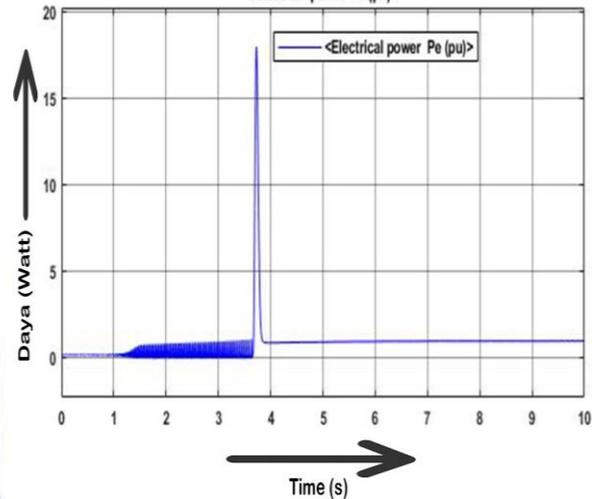
Gambar 6 menunjukkan proses simulasi pemodelan pembangkit listrik tenaga mikohidro /PLTMH menggunakan software MATLAB/SIMULINK. Mendapatkan hasil keluaran (*output*) menunjukkan pada karakteristik arus generator di kondisi *steady state* menunjukkan besar arus mencapai kurang lebih 2A (ampere).



Gambar 6. Grafik Arus yang dihasilkan pada simulasi pembangkit listrik tenaga mikohidro menggunakan MATLAB/SIMULINK

Daya

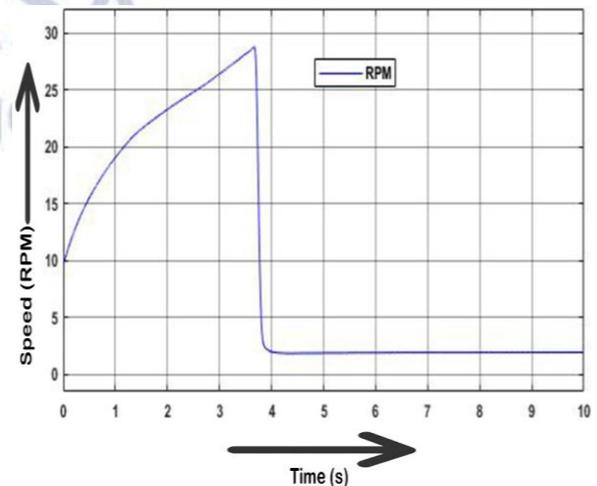
Selanjutnya pada Gambar 7 Menunjukkan grafik dari daya yang bisa dihasilkan oleh pemodelan pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH menggunakan MATLAB/SIMULINK dapat dilihat dimana nilai tertinggi yang mampu dibangkitkan yaitu kurang lebih sebesar 18 watt.



Gambar 7. Grafik Daya yang dihasilkan pada simulasi pembangkit listrik tenaga mikohidro menggunakan MATLAB/SIMULINK

Kecepatan Rotor/RPM

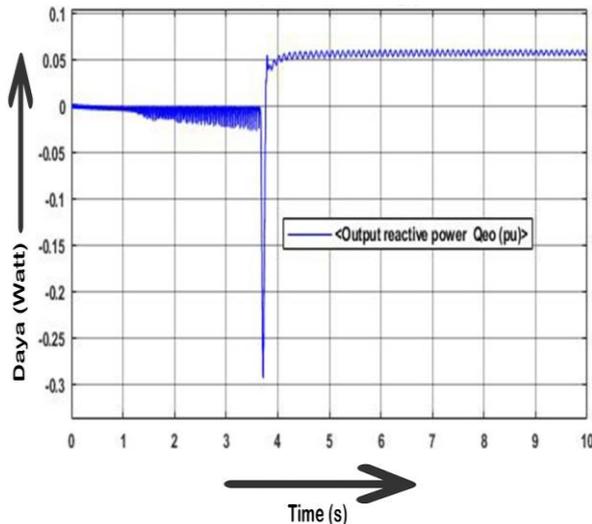
Pada Gambar 8 terlihat karakteristik pada putaran rotor generator pada saat kondisi *steady state* menghasilkan besar putaran Rotor kurang lebih yaitu 29 RPM selama waktu pengujian. kecepatan rotor generator sendiri nanti akan mempengaruhi dari torsi elektrik dan daya yang akan dihasilkan oleh Generator.



Gambar 8. Grafik kecepatan putaran rotor yang dihasilkan pada simulasi pembangkit listrik tenaga mikohidro menggunakan MATLAB/SIMULINK

Daya Reaktif

Gambar 9 menunjukkan grafik hasil dari daya reaktif yang menghasilkan kurang lebih 0.06 VAR. Daya reaktif yaitu daya yang diperlukan dari rangkaian magnetisasi pada suatu peralatan listrik akan tetapi tidak bisa langsung dipakai dan hanya sebagai magnetisasi saja. dan memiliki satuan (VAR).



Gambar 9. Grafik Daya reaktif yang dihasilkan pada simulasi pembangkit listrik tenaga mihohidro menggunakan MATLAB/SIMULINK

Hasil Simulasi generator sinkron pada pemodelan pembangkit listrik tenaga air menggunakan MATLAB/SIMULINK dengan melakukan perubahan beban/Random ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1. Hasil simulasi pembebanan

Beban (%)	Daya (Watt)	Daya reaktif (VAR)	Arus (I)	Kecepatan Rotor (RPM)
10%	1.66	0.01	1.5	29
15%	1.87	0.04	1.7	35
20%	1.94	0.07	1.9	44
25%	2.30	0.08	2.0	49
30%	5.32	0.12	2.3	56
35%	7.22	0.20	2.6	60
40%	9.14	0.27	3.3	63
50%	11.13	0.33	3.5	68
55%	13.44	0.03	3.7	74
60%	15.30	0.42	3.9	80
65%	17.33	0.50	4.1	85
70%	18.30	0.56	4.4	93
75%	18.33	0.60	4.8	96

Hasil simulasi dari pembebanan generator sinkron dengan acak dapat diperoleh daya mekanik yang diperlukan untuk menghasilkan daya keluaran

dari generator sinkron tersebut ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Debit Air yang Dibutuhkan

Beban (%)	Debit Air (liter)
25	3.18
30	4.13
35	5.18
40	6.24
50	7.88
55	8.25
60	9.44
65	10.88

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi pemodelan pembangkit listrik tenaga mihohidro/PLTMH menggunakan MATLAB/SIMULINK diatas dapat disimpulkan diantaranya Dengan menggunakan generator sinkron walau disaat kecepatan dari daya mekanik rendah, generator masih dalam keadaan bekerja, dapat dilihat pada table 1 semakin tinggi daya mekanik yang di dapat maka akan bertambah besar daya listrik (Watt), putaran rotor generator (RPM) yang akan dihasilkan Dari hasil simulasi generator mampu menghasilkan *output* keluaran dengan baik, yaitu untuk daya menghasilkan rata-rata 18.3 Watt. Dan kecepatan putaran rotor 95 RPM, untuk arus mendapatkan hasil 4.6 (Ampere) dan daya reaktif 0.60 VAR Unjuk dari simulasi pemodelan pembangkit listrik tenaga air ini didapatkan hasil rata-rata daya keluaran dari generator yaitu sebesar 18.3 (Watt)

SARAN

Pembuatan artikel ini masih sangat jauh dari sempurna maka penulis sangat memerlukan nasihat serta saran yang membangun supaya kedepannya artikel ini dapat dikembangkan untuk penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Adikurniawan, A. Daniel, R dan Hanny, HT. 2017. "Analisa Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Sengguruh Dengan Matlab Simulink". Jurnal Teknik Elektro Universitas Kristen Petra Vol. 10 No. 1 2017.

Aribowo, Widi. Supari Muslim. 2020. "Long-Term Electricity Load Forecasting Based On Cascade Forward Backpropagation Neural Network" Malaysia..

Basar, M.F., dan Musa. M 2018. "ASN Overview The Key Components In The Pico Hydro-Power Generation System". University Teknikal Malaysia Malaka.

**SIMULASI PEMODELAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKOHIDRO/PLTMH DENGAN
MENGUNAKAN APLIKASI MATLAB/SIMULINK**

- Kunek, Kurnelius. 2015. "Pemodelan Elektronik *Load Controller* Pada Beban Pembangkit Listrik Tenaga Miko Hidro Merasip". Megister Teknik Elektro Universitas Tanjung Pura Pontianak.
- Odi, F. 2015. "Simulator Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro Untuk Modul Praktikum Di Laboratorium Konversi Energi". Penelitian. Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- Putro, Yogi Suryo Setyo, 2016. "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah. Malang: Universitas Brawijaya."
- Soetedjo, A.; Lomi, A.; dan Nahkoda Y.I. 2015. "Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Angin dan Surya" Malang : Institut Teknologi Nasional (ITN).
- Syahputra, R, Soesanti, I. 2015 "*Power Sistem Stabilizer Model Based On Fuzzy-PSO For Improving Power Sistem Stability. 2015 International Conference On Advanced Mechatronic, Intelegant Manufacture, and Industrial Automation (ICAMIMIA)*", Surabaya, 15-17 Oct. 2015 pp. 121-126.
- Syarief, Ahmad, Hajar, Isworo. 2015. "Simulasi Turbin Kaplan Pada PLTMH di Sungai Sampanahan Desa Magalau Hulu Kabupaten Kotabaru, Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat".

