

BAB II SPESIFIKASI

2.1 Pengantar

2.1.1 Ringkasan Isi Dokumen

Dokumen ini akan membahas mengenai spesifikasi desain dari prototype simulator PLTMH menggunakan *interface user* HMI Perangkat keras desain prototype simulator PLTMH akan di ilustrasikan dengan menggunakan komponen motor sebagai turbin dan HMI yang dikomunikasikan dengan power meter serta generator sebagai pembangkit. Spesifikasi yang dibuat berdasarkan analisa umum yang telah dibuat pada dokumen C100. Selanjutnya tiap spesifikasi teknis memiliki nilai kualitatif yang dapat di uji atau diverifikasi setelah melewati proses perancangan. Penjelasan mengenai perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dan prosedur verifikasi tiap spesifikasi akan dibahas dalam dokumen ini.

2.1.2 Tujuan Penulisan Dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen

Tujuan penulisan dokumen C200 sebagai acuan dalam pembuatan prototype simulator yang akan dibuat agar dapat mempermudah dalam pelaksanaan pembuatan prototype sekaligus sebagai pemenuhan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang. Dokumen ini juga bertujuan melakukan verifikasi sistem untuk memastikan dan mengevaluasi pemenuhan pembuatan prototype terhadap spesifikasi yang telah ditentukan.

2.1.3 Daftar Singkatan

Tabel 2.1 Daftar Singkatan

Singkatan	Arti
PLTMH	Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro
VFD	<i>Variable Frequency Drive</i>
HMI	<i>Human Machine Interface</i>
CFL	<i>Compact Fluorescent Lamp</i>
RPM	Rotasi Per Menit
W	Watt
Hz	Hertz
V	Volt
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i>

2.2 Spesifikasi

2.2.1 Definisi, Fungsi Dan Spesifikasi

Prototype Simulator PLTMH merupakan suatu prototype atau media yang mirip dengan pembangkit listrik tenaga air sungai asli, kegunaannya untuk memperkenalkan atau menjelaskan serta membantu dalam pemahaman agar lebih memberikan pengertian dari suatu alat yang skalanya lebih besar seperti pembangkit listrik tenaga air besar yang telah di bangun atau sedang di teliti potensi – potensi sumber yang dapat di bangun pembangkit listrik tenaga air. [1] Pembangkit listrik tenaga mikrohidro mengkonversi tenaga air menjadi tenaga listrik, mula-mula potensi tenaga air dikonversikan menjadi tenaga mekanik dalam turbin air yang kemudian turbin air tersebut memutar generator sehingga mampu dihasilkan tenaga listrik. Pada PLTMH ini menggunakan power meter yang merupakan peralatan mekanis untuk mengambil data pada putaran rotasi dimana untuk pengambilan datanya dari generator ke power meter dan dikirim menggunakan komunikasi modbus ke HMI. Adapun tujuan dari pengambilan data ini tidak lain digunakan untuk monitoring variasi beban. Prototype simulator PLTMH ini menggunakan VFD sebagai komponen tambahan untuk menstabilkan motor. VFD merupakan sebuah peralatan mekanis untuk mengatur putaran dari sebuah motr listrik yang diasumsikan sebagai turbin. [2]

Kestabilan sistem simulator PLTMH dapat dicapai dengan menggunakan beberapa strategi seperti mengontrol aliran air dan mengatur kecepatan turbin, memantau kondisi operasi secara terus-menerus, dan mengadopsi teknologi yang tepat untuk menjamin efisiensi dan keandalan sistem. Secara umum, kestabilan sistem simulator PLTMH dapat membantu menjaga agar sistem tersebut dapat beroperasi secara optimal selama masa pakai yang lama, serta meminimalkan resiko kerusakan atau kegagalan yang dapat menyebabkan biaya tambahan dan downtime yang tidak perlu.

Pada prinsipnya PLTMH adalah suatu bentuk perubahan tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin air

dan generator. Daya (power) teoritis yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan persamaan empiris berikut. [3]

$$P = \rho \times G \times Q \times H$$

Dimana:

P = Tenaga yang dihasilkan

ρ = Densitas Air (kg/m^3)

G = Gravitasi ($9,81 m/s^2$)

Q = Debit Air (m^3/s)

H = Tinggi Jatuh efektif (m)

Prototype ini akan mengabaikan perhitungan diluar diatas seperti kebutuhan pipa (*penstock*), Effisiensi turbin dan generator, serta rugi-rugi daya yang akan dihasilkan nanti dikarenakan pembuatan prototype ini hanya bertujuan untuk menggambarkan bagaimana sistem PLTMH bekerja ketika pembangkitan diperlukan.

Perbandingan debit air dan frekuensi pada VFD digunakan persamaan

$$Q = (f \times 10) / 50$$

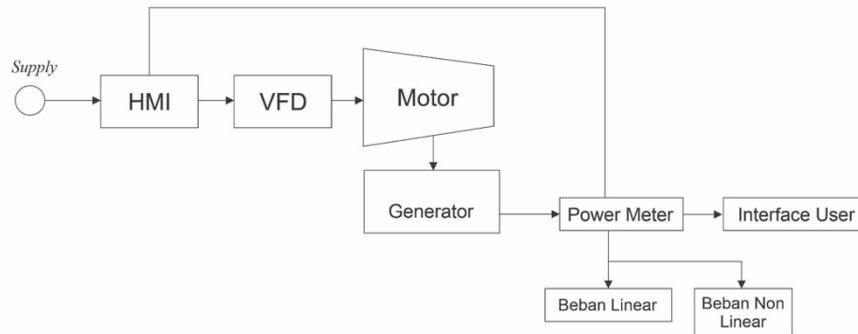
Dimana:

Q = Debit Air (m^3/s)

f = frekuensi VFD

Spesifikasi sistem PLTMH tergantung pada kapasitas turbin (motor) mengacu pada jumlah daya yang dapat dihasilkan oleh turbin PLTMH. Hal Ini dapat dinyatakan dalam unit daya (watt atau kilowatt). Pada simulator ini generator terhubung ke turbin (motor) untuk mengubah energi yang dihasilkan oleh turbin (motor) menjadi listrik yang dapat digunakan. Sistem transmisi digunakan untuk mengalirkan listrik dari sistem pembangkit ke konsumen, sistem transmisi ini bisa terdiri dari kabel dan panel distribusi.

2.2.2 Desain



Gambar 2.1 Diagram Blok Prototype

Secara umum, desain prototype terdiri atas lima buah sistem. Masing-masing sistem memiliki tanggungjawab yang berbeda-beda untuk melaksanakan fungsinya sehingga fungsionalitas sistem prototype dapat berjalan dengan baik. Berikut penjelasan masing-masing sistem :

- Sistem Motor Penggerak

Sistem ini untuk menggerakkan generator melalui motor sebagai pengganti turbin. Sistem ini memiliki fitur pengendalian kecepatan motor yang digunakan untuk memaksimalkan pembangkitan energi pada generator.

Motor listrik akan dihubungkan ke generator menggunakan Vanbelt A-56 dengan ukuran pulley generator 10 cm. Adapun pulley motor listrik akan menggunakan persamaan sistem transmisi mesin sebagai berikut.

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{D_1}{D_2}$$

Dimana:

N_1 = Kecepatan Max Rotasi Motor Listrik ADK FL – 71B

N_2 = Kecepatan Max Rotasi Generator Cormall

D_1 = Diameter Pulley Motor Listrik ADK FL – 71B

D_2 = Diameter Pulley Generator Cormall

Sehingga Didapatkan:

$$\frac{3100rpm}{1656rpm} = \frac{D_1}{10cm}$$

$$\frac{3100rpm \times 10cm}{1656rpm} = D_1$$

$$D_1 = 18cm$$

Adapun rasio pulley yang digunakan dengan perbandingan 1:1 adalah 10:18cm.

- Sistem Pembangkitan Energi

Sistem ini sebagai pembangkitan energi pada generator yang merubah energi gerak (mekanik) dari motor menjadi energi listrik. Fitur yang dimiliki adalah penyedia energi listrik utama pada sistem simulator. Generator yang digunakan adalah brand cormall dengan output maksimal 500W.

- Sistem Pembebanan

Sistem ini bertujuan untuk membagi transmisi beban secara linier dan non-linier. Sistem ini memiliki fitur pembagi energi listrik untuk memberikan daya pada beban sehingga beban dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. Adapun beban total yang digunakan sebesar $\pm 250W$.

- Sistem *Interface User*

Sistem ini untuk memudahkan komunikasi antara pengguna dengan sistem pembagian beban. Dalam sistem ini memiliki fitur display ke pengguna menggunakan HMI yang terintegrasi dengan power meter agar dapat mengetahui berapa banyak kebutuhan energi beban yang diperlukan.

- Sistem Instrumentasi Pengukuran

Sistem Instrumentasi Pengukuran bertujuan untuk untuk mengukur dan memantau berbagai parameter atau variable yang terjadi pada simulator PLTMH. Hasil dari sistem ini adalah untuk mengumpulkan data akurat melalui tampilan dan Pemantauan (*Display and Monitoring*) yang berupa tampilan digital untuk tegangan, arus, dan frekuensi. Dan juga sebagai Perekam Data (*Data Log*) untuk menyimpan data pengukuran dalam waktu *real-time* menggunakan memory pada HMI. Adapun data didapatkan dari sistem komunikasi Modbus RTU dari power meter dan VFD.

2.2.3 Spesifikasi Fungsi Dan Performansi

Secara umum, prototype simulator harus memenuhi parameter-parameter sebagai berikut:

- Kestabilan Kecepatan Motor

Dengan mensimulasikan kondisi permintaan beban naik dan beban turun, kita dapat menentukan konfigurasi yang paling efisien untuk menghasilkan listrik dari frekuensi yang ditentukan.

- Daya yang Dibangkitkan

Total daya yang dibangkitkan berdasarkan spesifikasi generator sebesar $\pm 500W$.

- Konsumsi Daya

Daya yang dipakai untuk mensimulasikan beban 1 buah lampu pijar 100W, 1 buah lampu pijar 60W, 1 buah lampu *Compact Fluorescent Lamp* (CFL) 23W, 1 buah kipas angin kecil berdaya 26W. Total perkiraan beban adalah $\pm 250W$

- Kompatibilitas dengan beban linier dan non-linier

Dapat mensimulasikan skenario beban yang berbeda untuk melihat bagaimana kinerja sistem dipengaruhi oleh faktor debit dan tinggi jatuhnya air atau beban listrik.

- Kemudahan Operasi

Simulator pembangkit listrik juga dapat digunakan untuk pelatihan dan pengajaran, terutama bagi para teknisi dan insinyur yang terlibat dalam operasi dan perawatan pembangkit listrik.

- Kecepatan Respon Sistem

Dengan memantau kinerja sistem dalam simulator, kita dapat mengidentifikasi masalah dan merencanakan tindakan perbaikan sebelum masalah tersebut terjadi di dunia nyata.

2.2.4 Spesifikasi Fisik Dan Lingkungan

Simulator dapat mensimulasikan kondisi debit air dan tinggi jatuhnya air yang berbeda untuk membantu memperkirakan lokasi yang paling optimal untuk membangun pembangkit listrik.

2.2.5 Verifikasi

Proses verifikasi akan dilakukan pada setiap sistem dari prototype ini. Adapun sistem yang akan diverifikasi adalah sebagai berikut:

1. Sistem Penggerak Motor

Cara Verifikasi: Cara verifikasi sistem penggerak motor dengan menggunakan

tachometer pada motor. Kemudian, tachometer akan mengukur perputaran dan menampilkan kecepatan putar motor dalam rotasi per menit (rpm).

2. Sistem Pembangkitan Energi

Cara Verifikasi: Cara verifikasi sistem pembangkitan energi dengan mengukur kapasitas pembangkit, kecepatan putar turbin, dan efisiensi turbin. Verifikasi keandalan sistem merupakan proses pengecekan agar sistem pembangkit dapat beroperasi secara terus-menerus tanpa masalah teknis. Ini bisa dilakukan dengan melakukan pengujian dan pemeliharaan rutin pada komponen-komponen sistem, serta mengevaluasi kondisi operasi sistem secara terus-menerus.

3. Sistem Pembebanan

Cara Verifikasi: Verifikasi keandalan transmisi merupakan proses pengecekan agar sistem transmisi dapat beroperasi secara terus-menerus tanpa masalah teknis. Ini bisa dilakukan dengan melakukan pengujian dan pemeliharaan rutin pada komponen-komponen transmisi, serta mengevaluasi kondisi operasi sistem secara terus-menerus.

4. Sistem *Interface User*

Cara Verifikasi: Verifikasi kinerja *interface* menggunakan power meter yang dihubungkan ke HMI yang dihubungkan dengan protocol modbus untuk proses pengecekan agar sistem interface dapat beroperasi secara efisien dan sesuai dengan spesifikasi. Ini bisa dilakukan dengan menguji kecepatan loading interface, respons terhadap input pengguna, dan kemudahan penggunaan.

5. Sistem Instrumentasi Pengukuran

Cara Verifikasi: Verifikasi kinerja pengukuran dengan cara kalibrasi sistem terkhusus pada protokol modbus RTU sebagai sistem komunikasi yang harus dilakukan secara berulang untuk mendapatkan kinerja yang maksimal. Pada setiap kalibrasi akan didokumentasi kan semua Langkah yang telah diambil termasuk pengaturan awal, hasil kalibrasi, pengukuran menggunakan alat seperti digital multimeter, clampmeter, dan tachometer.

2.2.6 Biaya Dan Jadwal

2.2.6.1 Rancangan Anggaran Biaya

Perancangan prototype simulator PLTMH membutuhkan biaya sebagai berikut:

Tabel 2.2 Rencana Pengeluaran Pembuatan Prototype Simulator PLTMH

Keterangan	Rincian	Spesifikasi	Jumlah (QTY)	Harga Total (IDR)
Kebutuhan bahan baku	Perancangan Pembangkitan Energi	Generator Listrik CORMALL	1	940.000,00
		Trafo DELTA Step Up Down 500 KW	1	140.000,00
Perancangan Penggerak Motor	Perancangan Penggerak Motor	VFD004EL21A Inverter Delta 1 Phase 0.5 HP	1	1.999.000,00
		Motor Listrik ADK-B3 0.5 HP 3 Phase	1	900.000,00
		Vanbelt A56	1	45.000,00
		Perancangan Beban	MCB SHUKAKU 1 P 2 A	1
Perancangan Beban	Perancangan Beban	Kabel MAKITA NYAF 0,75 mm	30 meter	97.500,00
		Lampu CFL 23W	1	62.500,00
		Lampu Pijar 100W	1	12.000,00
		Lampu Pijar 60 W	1	5.500,00

	Perancangan <i>Interface User</i>	Power Meter TOKY DS9L- WRC38	1	1.648.000,00
		HMI HAIWELL C7S-W IoT Cloud 7 Inch	1	3.588.750,00
	Perancangan Instrumentasi Pengukuran	SANWA CD772 Digital Multimeter	1	1.350.000,00
		Tachometer DT- 6236B	1	590.000,00
Biaya Lain-Lain				1.228.950,00
Total Anggaran yang Dibutuhkan				12.634.700,00

Biaya di atas sudah disesuaikan dengan dokumen C100. Adapun total biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan prototype simulator membutuhkan biaya sekitar Rp12.634.700,00.

2.2.6.2 Rencana Jadwal

Jadwal pengerjaan tugas akhir untuk seluruh anggota kelompok dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2.3 Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Semester Ganjil

No	Kegiatan	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
1	Studi Literatur					
2	Spesifikasi					
3	Pembelian Komponen					
4	Rancang Prototype					
5	Evaluasi					
6	Dokumentasi					

Tabel 2.4 Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir Semester Genap

No	Kegiatan	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul
1	Pembelian komponen tambah					

2	Evaluasi					
3	Dokumentasi					
4	EEE Days					

