

Magnetika

PERENCANAAN PROGRAM PLC PENGENDALI PUTARAN TURBIN UAP PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH SKALA MIKRO KAMPUS-II ITN MALANG MENGGUNAKAN PEMROGRAMAN SFC PLC ZELIO

¹Frankin Pius Kosmas Sarkol, ²Widodo Pudji Muljanto, ³Michael Ardita,²
Institut Teknologi Nasional, Malang, Indonesia

¹frankinsarkol@gmail.com, ²Widodo_pm@lecturer.itn.ac.id, ³michael.ardita@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Sampah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) yang selanjutnya akan dimanfaatkan untuk memanaskan air pada boiler. Generator akan digerakkan untuk menghasilkan energi listrik oleh uap panas yang mengalir ke turbin uap dari boiler. Kecepatan yang dihasilkan oleh turbin dan generator pada umumnya akan cenderung tidak stabil sehingga diperlukan suatu alat perencanaan pengendali yang berfungsi untuk mengatur kecepatan putaran turbin atau generator. Untuk itu diperlukan suatu perancangan turbin uap PLTSA pada lingkungan ITN Malang kampus-II dengan memanfaatkan program Zelio Soft 2. Kecepatan putaran ini memanfaatkan fasilitas Sequential Function Chart (SFC) pada menu Function Block Diagram (FBD) pada software PLC Zeliosoft2 pada saat perancangan program PLC. Pembuatan program dapat dilakukan dengan lebih cepat dan mudah dengan menggunakan teknik Pemrograman PLC berupa pemrograman grafis. Dengan cara menambah atau mengurangi nilai beban total pada generator, pemrograman ini bertujuan untuk mengatur kecepatan putaran turbin dan generator agar tetap stabil pada angka putaran 3000 rpm.

Kata kunci: Sistem Pengendali, Generator, Turbin, PLC, SFC, FBD.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu jenis pembangkit listrik yang dikenal sebagai pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSA) memanfaatkan sampah sebagai sumber energi. Sampah digunakan untuk memanaskan air dalam boiler, sehingga menghasilkan uap panas yang dikirim ke turbin uap untuk memutar generator dan menghasilkan listrik. [1]. Salah satu metode pemanfaatan sampah ini adalah dengan mengubahnya menjadi energi listrik melalui

proses yang dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA). Sampah diolah menjadi energi listrik karena mengandung kadar air yang cukup tinggi, terutama sampah alam [2].

Sebagai bagian dari mesin konversi energi, turbin uap menjadi salah satu pilihan yang ampuh karena dapat mengubah energi potensial uap menjadi energi mekanik pada poros turbin. Sebelum energi tersebut diubah menjadi energi mekanik, energi potensial uap terlebih dahulu diubah menjadi energi dinamis melalui corong (untuk turbin penggerak) dan poros penggerak (untuk turbin respons). Energi mekanik yang disalurkan berupa putaran poros turbin dapat langsung atau melalui roda gigi reduksi yang dihubungkan dengan sistem penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Perancangan turbin uap untuk PLTSA di lingkungan Kampus II ITN Malang bertujuan untuk mengubah sampah menjadi energi listrik dan mengurangi sampah kampus, serta mengevaluasi kinerja pembangkit listrik dalam skala mikro [3].

Kecepatan yang diperlukan untuk menjaga generator dan turbin tetap stabil karena keduanya sering tidak stabil. Dalam penelitian ini digunakan algoritma yang berdasarkan pada dasar-dasar ide tersebut untuk mengendalikan kecepatan putaran turbin generator. [2]. Untuk mengendalikan kerangka kerja yang berfungsi, diperlukan bahasa pemrograman yang sederhana, misalnya, fungsional blok diagram (FBD), di mana diagram blok fungsional dapat menggambarkan hubungan antara faktor informasi dan hasil. Metode Sequential Function Chart (SFC) digunakan untuk kontrol program pada menu FBD. Penelitian ini mengkaji pengendalian kerangka kerja dengan menggunakan

bahasa pemrograman FBD, khususnya dengan metode SFC, untuk mengontrol kecepatan putaran turbin dan generator dengan tujuan menjaga kestabilan kecepatannya dengan menyesuaikan beban. Peran PLC telah menggantikan fungsi relay dalam menuliskan program yang diperlukan untuk aplikasi tertentu. Oleh karena itu, PLC memerlukan perangkat lunak pendukung misalnya, Zelio soft 2 untuk menyusun program yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi tersebut. [4].

B. Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang telah disampaikan, terbentuklah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem pengendali putaran turbin uap menggunakan *SFC* dengan memanfaatkan *PLC ZELIO* pada PLTSa berskala mikro di kampus-II ITN Malang.

C. Tujuan Penelitian

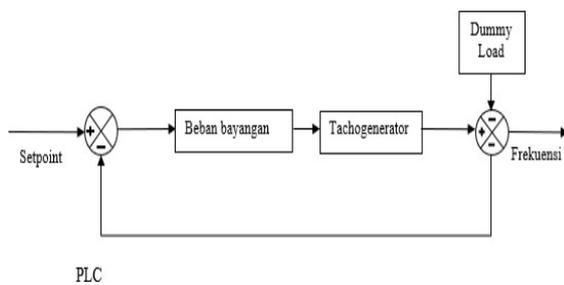
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah

1. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah perencanaan pengendali turbin uap menggunakan metode *SFC* dengan memanfaatkan *PLC ZELIO* untuk PLTSa ITN Malang kampus-II untuk putaran turbin uap yang dapat dikendalikan sesuai dengan yang diharapkan sehingga putaran turbin akan stabil walaupun api yang dihasilkan dari pembakaran sampah itu berskala besar atau kecil. Dengan putaran turbin yang stabil, maka beban berapapun yang ditambahkan akan diterima akan dikendalikan oleh generator ITN Malang kampus-II.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Pengendali Sistem

Pengendalian sistem adalah campuran beberapa alat untuk dipakai demi menjaga faktor terkontrol (biasanya disebut faktor langkah) pada nilai tertentu yang disebut titik setel. Pengontrol otomatis kini sering digunakan dalam sistem kontrol karena kemajuan dalam sains dan teknologi. Inti dari setiap kerangka kerja kontrol adalah untuk menjamin bahwa faktor langkah tetap stabil di sekitar titik setel, sehingga kerangka kerja dapat dilihat sebagai bekerja dengan stabil.



Gambar 1. Diagram Pengendali Putaran

B. Turbin Uap

Turbin uap, menjadi mesin transformasi daya yang menawarkan pilihan yang menjanjikan karena dapat mengubah energi potensial pada uap menjadi energi mekanik melalui tepi turbin (terutama pada turbin respons). Mekanisme penggerak dapat menerima energi mekanik yang dihasilkan oleh putaran poros turbin dengan berbagai cara, baik secara langsung maupun melalui peredam. Dalam situasi khusus ini, putaran poros turbin dapat digunakan untuk menggerakkan poros generator, yang menghasilkan energi listrik. Generator kemudian mengubah energi mekanik yang diperolehnya menjadi energi Listrik [1].

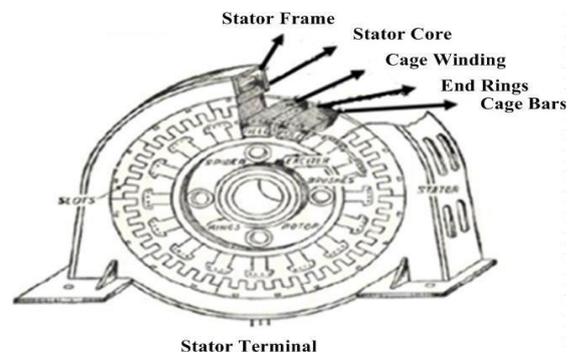


Gambar 2. Turbin Uap

C. Generator

Generator merupakan mesin listrik yang mengubah energi gerak (mekanik) sebagai putaran menjadi energi listrik. Energi mekanik diputar oleh pemutar utama sedangkan energi listrik akan dihasilkan pada loop jangkar yang terletak di stator. Oleh karena itu, generator sinkron memerlukan sistem kendali tegangan medan untuk mengatur tegangan, arus, dan daya keluaran generator. Kerangka kendali yang digunakan untuk mengendalikan tegangan medan ini menggunakan Programmable logic controller, di mana tegangan medan pada generator terkoordinasi dibatasi oleh PLC.

Secara umum, pengembangan generator sinkron terdiri dari dua bagian, di mana rotor adalah bagian yang bergerak dan stator adalah bagian yang tetap. Rangkaian magnetik berbentuk silinder dan simetris membentuk rotor dan stator. Antara stator dan rotor ke stator terdapat lubang udara yang mampu mengisolasi kedua bagian tersebut. Konstruksi komponen rotor dan stator generator sinkron [7].

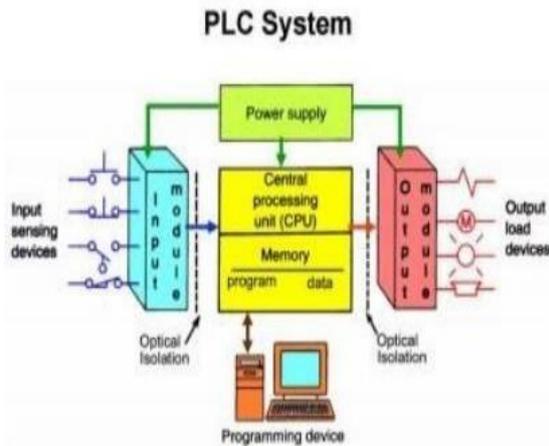


Gambar 3. Generator Sinkron

D. PLC (programmable logic controller)

Suatu alat yang menggunakan mikroprosesor sebagai fondasinya dan mudah digunakan. PLC adalah komputer dengan berbagai fungsi kontrol dengan berbagai tingkat kompleksitas. PLC dibuat untuk tujuan ini. PLC dapat disesuaikan, dikontrol, dan dioperasikan oleh orang yang tidak memiliki pengalaman menggunakan laptop. Diagram ladder sering digunakan oleh pengguna PLC untuk memvisualisasikan dan mengatur perangkat dan alur kerja yang terhubung.

Hasil yang dihasilkan secara digital oleh komputer telah menggantikan kebutuhan akan kabel eksternal dalam mengendalikan proses sirkuit. PLC bertanggung jawab untuk mengatur seluruh sistem dengan menggunakan perangkat output yang dapat diaktifkan atau dinonaktifkan. Selain itu, kerangka kerja apa pun dapat dijalankan dengan daya variabel. Pada sisi input, sakelar ON-OFF atau perangkat input variabel dapat digunakan untuk mengontrol PLC [5]. Penelitian ini memanfaatkan Pemrograman Sequential Function Chart (SFC) dan menggunakan perangkat lunak PLC ZELIO.



Gambar 4. PLC Sistem

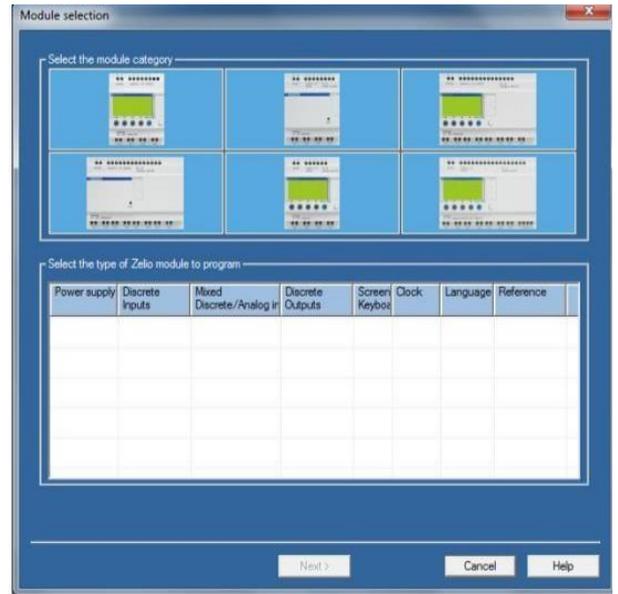
E. Zelio Smart Relay Soft 2

Smart relay mengambil peran serangkaian kontrol relay dalam sistem otomasi yang sederhana. dalam memanfaatkan smart relay, kontrol rangkaian dapat diprogram secara langsung melalui perangkat lunak. Zelio merupakan jenis Schneider Telemecanique smart relay memuat dalam dua model berbeda: model kompak dan model modular. dan diperluas fungsinya dengan menambahkan modul I/O analog atau I/O diskrit. Berikut ini adalah beberapa keunggulan Zelio:

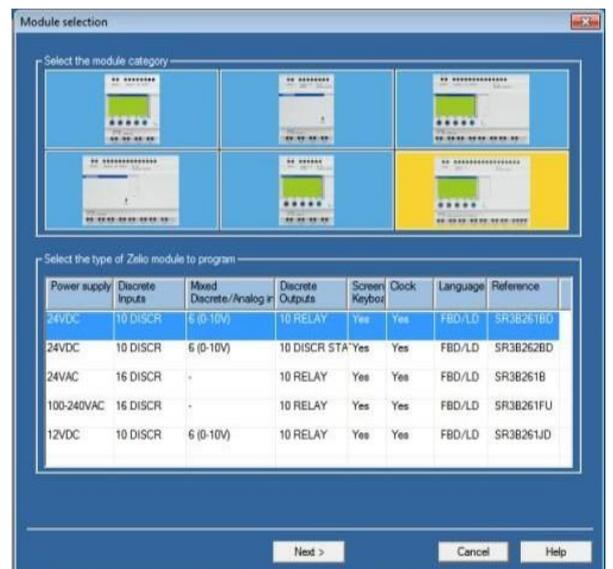
1. Penggunaannya lebih simple serta prosesnya lebih cepat.
2. Memiliki fleksibilitas tinggi dan keandalan yang sangat baik.

3. Perubahan mudah dilakukan melalui perangkat lunak.
4. Modifikasi dapat dilakukan dengan mudah menggunakan perangkat lunak.
5. Waktu pelatihan yang dibutuhkan lebih singkat.
6. Dapat diatur menggunakan LD dan FBD sebagai bahasa pemrogramannya.

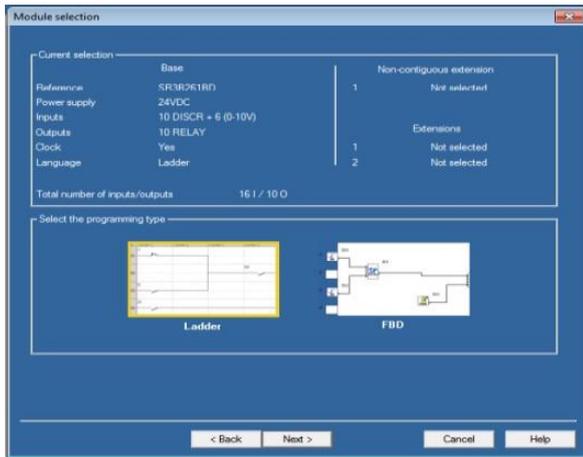
Zelio memiliki dua jenis input: input analog (0-10 VDC) dan input diskrit/digital (on/off). Saat menggunakan Zelio dengan sumber tegangan DC, input analog dan diskrit biasanya tersedia. Berikut ini adalah presentasi dasar produk tersebut [8].



Gambar 5. Tampilan depan zelio soft2



Gambar .6 Tampilan pemilihan tipe PLC

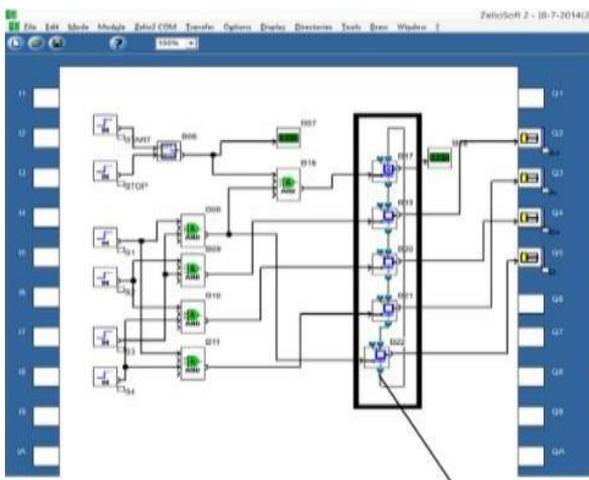


Gambar 7. Tampilan pemilihan mode pemrograman.

F. Sequential Function Chart (SFC)

SFC merupakan bahasa pemrograman visual yang digunakan dalam Programmable Logic Controller (PLC). SFC berfungsi semacam cara untuk memodelkan atau menguji sistem otomasi berurutan dengan membagi jalur mesin ke dalam serangkaian (SFC) [4]. Beberapa fungsi dari gambar Sequential Function Chart (SFC) meliputi:

1. Rearrange intial: Merupakan langkah awal yang memiliki fungsi pengaturan ulang. Pengaturan ulang ini bertujuan untuk menghentikan transisi.
2. Intial step: Berperan sebagai langkah pertama demi diterima inputnya dan mengaktifkan outputnya. tetapi, berbeda dengan reset awal karena langkah awal bukan memiliki peran pengaturan ulang.
3. Divergen or: Berperan dalam bercabang pada langkah transisi untuk membentuk dua jalur proses.
4. Convergen Or: Berperan dalam mengintegrasikan beberapa jalur proses.
5. Divergen end : Berperan dalam memberlakukan dua fase sekaligus dengan hanya satu fase langkah input. Jika ada dua langkah input aktif, Convergen dan Function akan memulai satu langkah proses.



Gambar 8. Program Sequential Function Chart

G. Tachogenerator Switch

Tachogenerator adalah jenis sensor umum untuk menentukan kecepatan sudut. Tachogenerator adalah alat generator kecil yang menghasilkan tegangan DC atau AC.

tachogenerator dapat diaktifkan oleh sumber eksitasi eksternal atau efek elektromagnetik dari magnet yang sangat tahan lama. Ia mampu menciptakan tegangan DC yang secara langsung mencerminkan data kecepatan. Kesadaran tachogenerator DC sangat tinggi, terutama pada kecepatan tinggi.



Gambar 9. Tachogenerator Switch

H. Beban bayangan (Dummy Load)

Sebagai beban kompensasi atau beban bayangan digunakan lampu pijar, berupa 8 buah lampu dimana masing-masing lampu dengan daya 100 Watt yang dikontrol melalui relay output Q1-Q8 dari smart relay/PLC. Untuk mengurangi beban relay output PLC digunakan tambahan relay eksternal sejumlah 8bh yang dihubungkan dengan output Q1-Q8 yang mengontrol nyala lampu tersebut.

Tabel 1: Beban Bayangan lampu

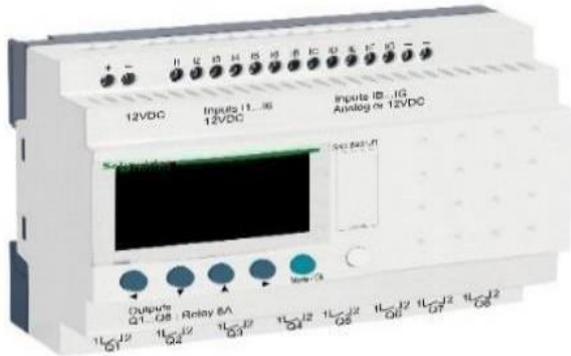
Lampu (Q1-Q8)	Daya (p)
Q8	100 w
Q7	100 w
Q6	100 w
Q5	100 w
Q4	100 w
Q3	100 w
Q2	100 w
Q1	100 w

Bebannya adalah 8 buah lampu dimana masing-masing lampu diberi daya 100 Watt dengan Q1-Q8 sebagai simbol lampunya di program dan dikendalikan menggunakan relay.

I. Smart relay SR2B201JD

Programmable Logic Control adalah jenis perangkat keras yang diproduksi oleh Schneider Electric,

salah satunya adalah varian bernama Zelio Logic. Zelio merupakan jenis Smart relay yang dikembangkan oleh divisi Schneider Telemecanique. Produk ini hadir dalam dua model yang berbeda, yaitu Model compact dan Model MODular, dan dapat dioperasikan dengan berbagai tegangan suplai yang tersedia meliputi : 12 VDC, I/O 20 input diskrit 12 input analog 0-10 v : 6 output relay 8 [6].



Gambar 10 PLC Zelio Logic SR2B201JD

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menggambarkan perencanaan peralatan dari rencana pemrograman dan rencana peralatan.

A. Lokasi penelitian

Dalam penelitian ini, data diambil dari laboratorium Konversi Energi Listrik di ITN Malang.

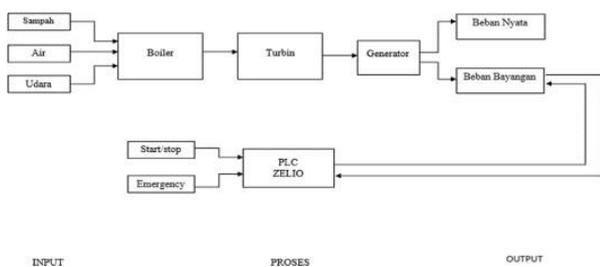
B. Metode pengumpulan data

Data yang diperlukan untuk studi ini dikumpulkan melalui review literatur yang mencakup referensi dari buku, jurnal, skripsi, dan sumber-sumber online yang berkaitan dengan penggunaan perangkat lunak Zelio Soft2 dalam merancang sistem pengendali kecepatan rotasi motor untuk mengoperasikan generator.

C. Perancangan Sistem

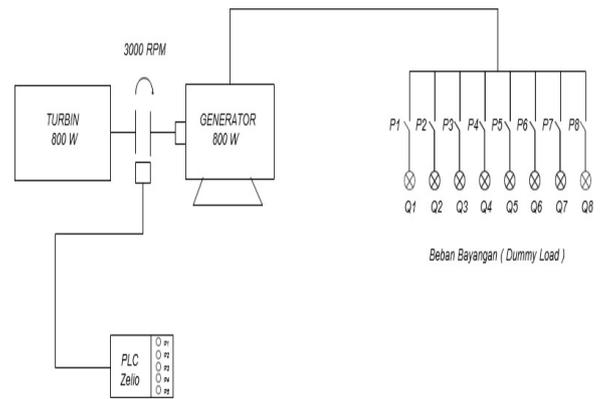
Sistem ini dibangun dengan tujuan mempermudah riset dalam pengembangan sebuah sistem. Proses perancangan ini mencakup pembuatan sistem pengaturan, evaluasi akurasi kecepatan motor, dan seleksi komponen yang tepat untuk digunakan.

D. Diagram Blok PLTSa



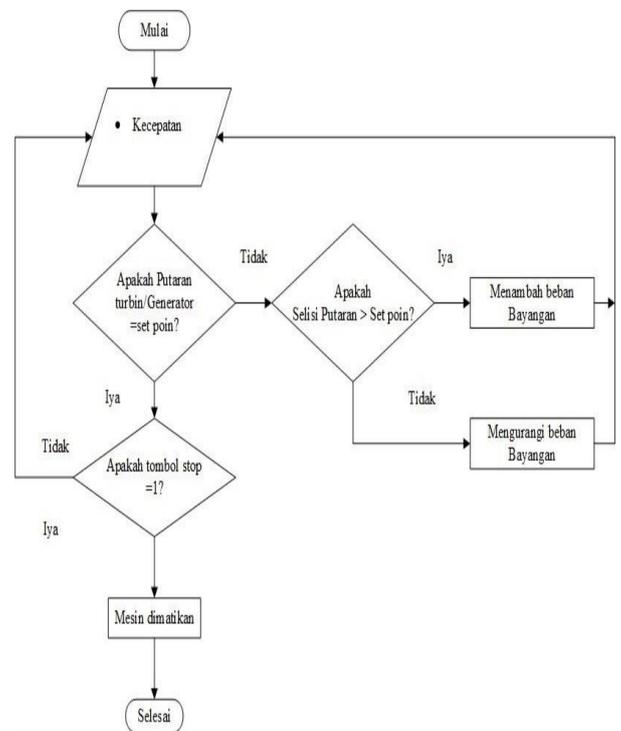
Gambar 11 Diagram Blok PLTSa

E. Single Line Diagram Alat



Gambar 12 Single Line Diagram Alat

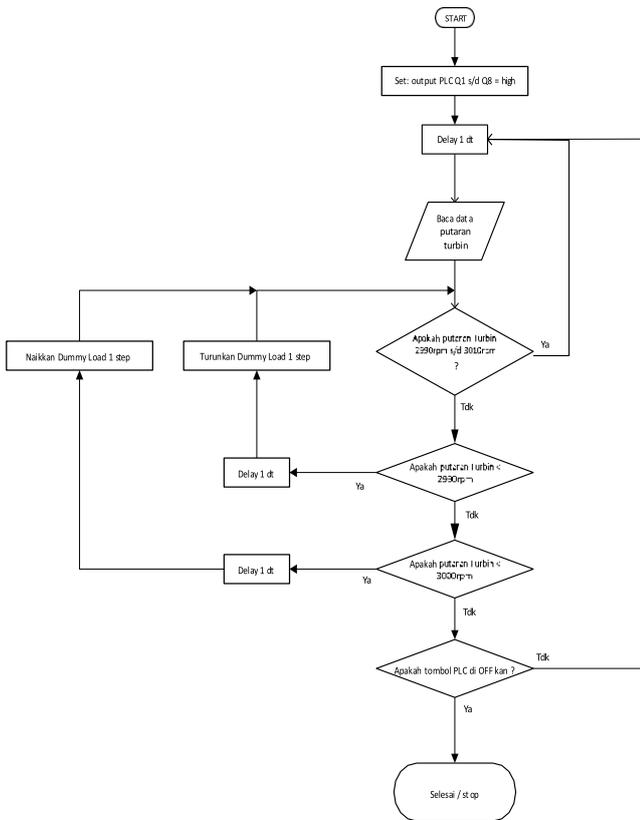
F. Flowchart Rancangan



Gambar 13 Flowchart Pengatur kecepatan Putaran Turbin Uap (PLTSa) ITN Malang.

IV. SIMULASIDAN ANALISA

A. Flowchart Program Plc

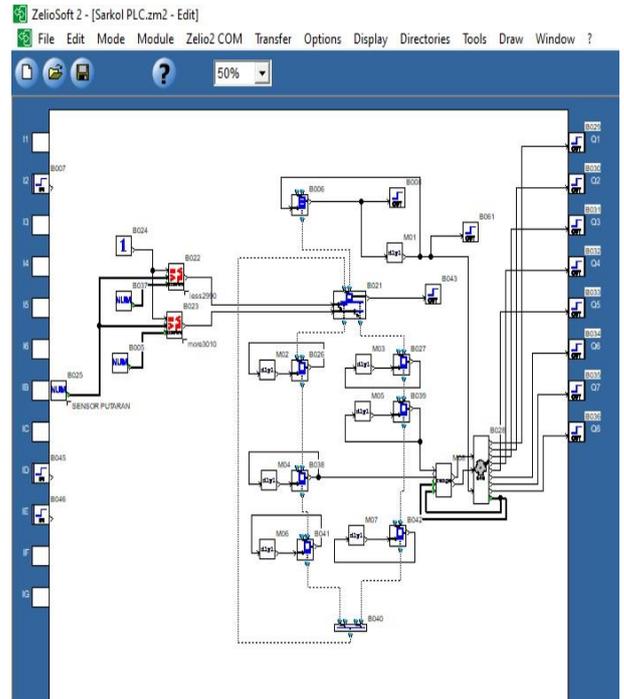


Gambar 14 : Alur Flowchart Program Sistem Pengendali Pada Turbin Generator untuk PLTSa

B. Pemrograman dan Hasi Simulasi Program PLC Zelio

Menyesuaikan dengan hardware PLC yang dipakai, merupakan PLC jenis Zelio Smart Relay buatan pabrikan Schneider maka software yang digunakan adalah Zelio Soft 2 Versi 4.1. Mode pemrograman dipilih menggunakan pemrograman Function Block (FBD) karena dipandang lebih simple dan mudah dilakukan. Didalam mode pemrograman FBD terdapat fasilitas pemrograman sequensial, yaitu menu SFC. Dalam penelitian ini digunakan menu SFC karena sesuai dengan kebutuhan objek peralatan yang dikendalikan.

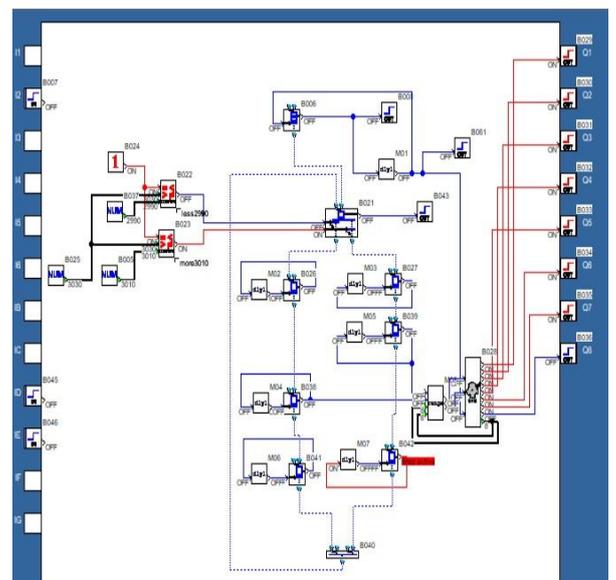
Salah satu fasilitas yang sangat bermanfaat dari software Zeliosoft adalah kemudahan dalam penyusunan program karena program dibuat dalam bentuk grafis yang sangat user friendly, serta adanya fasilitas simulasi secara langsung pada software tanpa harus terhubung dengan hardware PLC sehingga dapat menghemat biaya dan waktu dalam proses perograman. Program lengkap beserta makro terlihat seperti pada gambar halaman berikutnya.



Gambar 15. Program Utama.

C. Hasi Simulasi Program

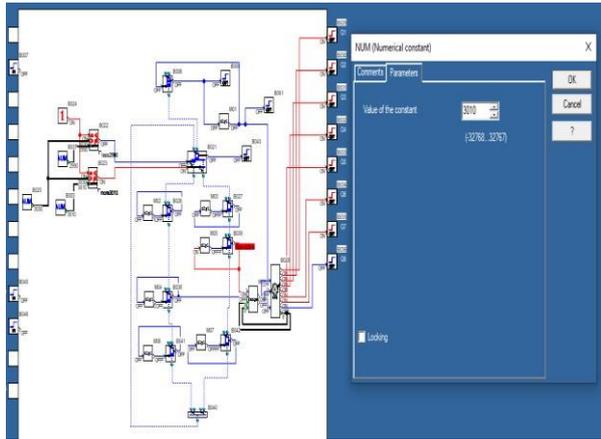
Pada hasil Pemrograman ini menggunakan software zelio soft 2 untuk mensimulasikan hasil kecepatan putaran turbin menggunakan pemrograman FBD function block diagram dengan, di angka maksimal. kecepatan putaran di angka 3000 rpm.jadi turbinya dijaga antara 2290 sampai 3310 rpm. berikut ini adalah diagram pemrograman FBD dengan menggunakan metode SFC berikut ini adalah gambar diagram program.



Gambar 16 Diagram Simulasi hasil Pemrograman.

Setelah melakukan percobaan maka kecepatan pada generator akan muncul secara bertahap, ini dikarenakan saat kecepatan motor belum mencapai nilai ideal maka dummy load akan ditambah satu step hingga kecepatan generator bisa mencapai nilai yang ideal yaitu 3000 rpm.

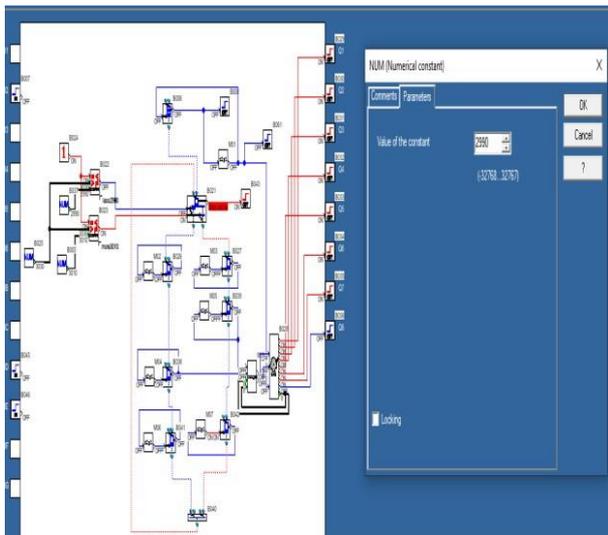
D. Hasil Percobaan Pada Kecepatan Generator di Angka 3010 RPM.



Gambar 17 Diagram Simulasi Program 3010 rpm

Setelah melakukan percobaan diatas maka kecepatan 3010 rpm melebihi dari set point 3000 rpm maka beban bayangan (dummy load) akan ditambah 1 tingkat.

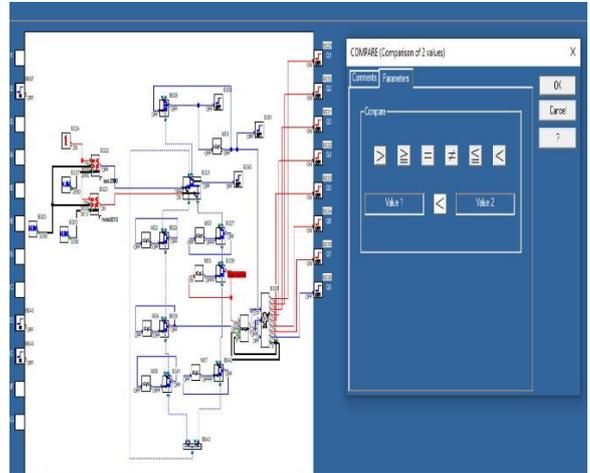
E. Hasil Percobaan Pada Kecepatan Generator di Angka 2990 Rpm



Gambar 18 Diagram Simulasi Program 2990 rpm.

Setelah melakukan percobaan diatas maka kecepatan 2990 rpm kurang dari set point yaitu 3000 rpm maka beban bayangan atau (dummy load) akan dikurangi 1 tingkat.

F. Diagram Perbandingan Value



Gambar 19 Diagram Simulasi Program 2990 rpm

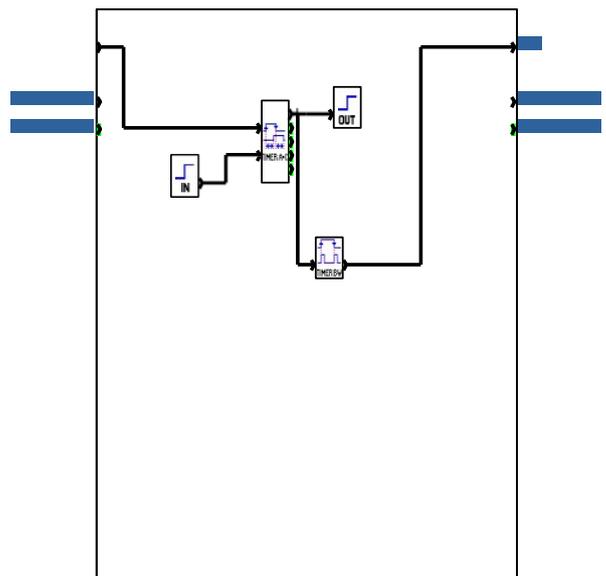
value 1 = 3010

value 2 = 2990

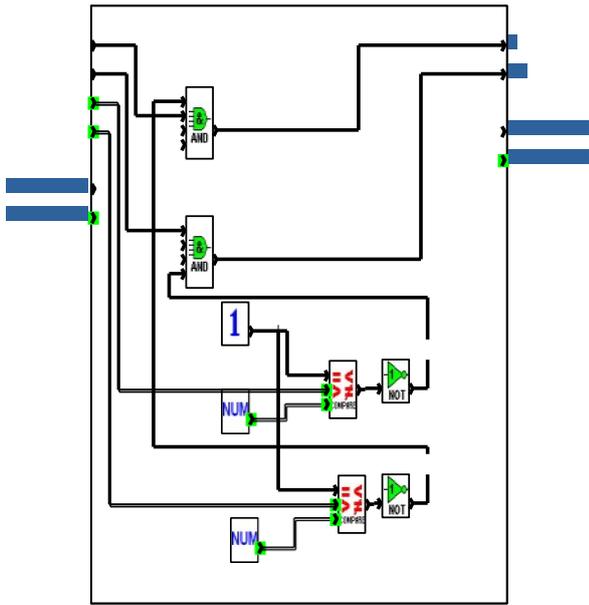
Setelah melakukan perbandingan maka value 1 yaitu 3030 rpm < value 2 yaitu 2990 rpm maka kecepatan yang dihasilkan akan berkurang.

G. Diagram Makro " delay 1"

Delay untuk sistemnya disetel untuk plcnya membaca data kecepatan putaran turbin dari sensor Tachogenerator



Gambar 20 Diagram program makro" delay1 "



Gambar 21 Diagram makro "Nilai rentang Q1-Q8"

H. Simbol input dan output pada program.

a) Physical Input.

Tabel 2 Program Physical Input

Input	No	Symbol	Function	Lock	Parameter	Comment
I2	B007		Discrete input	-	No parameters	
ID	B045		Discrete input	-	No parameters	
IE	B046		Discrete input	-	No parameters	

b) Physical outputs

Tabel 3 program Physical outputs

Output	No	Symbol	Function	Comment
Q1	B029		Discrete output	
Q2	B030		Discrete output	
Q3	B031		Discrete output	
Q4	B032		Discrete output	
Q5	B033		Discrete output	
Q6	B034		Discrete output	

Q7	B035		Discrete output	
Q8	B036		Discrete output	

c) Configurable functions 1

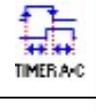
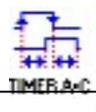
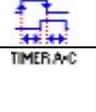
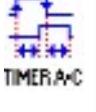
Tabel 4 program Configurable functions 1

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comment
B005		Numerical constant	No	-	Value of the constant: 3010	
B022		Comparison of 2 values	-	-	VALEUR 1 less 2990	
B023		Comparison of 2 values	-	-	VALEUR 1 more 3010	
B025		Numerical constant	No	-	Value of the constant: 2700	
B028		CAM BLOCK	No	No	See details below	
B037		Numerical constant	No	-	Value of the constant: 2990	
01B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S	
01B02		Pulses on edges	-	-	Pulse when the input changes: from OFF to ON	

d) Configurable functions 2

Tabel 5 program Configurable functions 2

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameters	Comm
M01		delay1	-	-	See blocks M01BXX	
02B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S	

02B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON
M02		delay1	---	---	See blocks M02BXX
03B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S
03B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON
M03		delay1	---	---	See blocks M03BXX
04B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S
04B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON
M04		delay1	---	---	See block M04BXX
05B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S
05B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON
M05		delay1	---	---	See blocks M05BXX
06B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S
06B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON
M06		delay1	---	---	See blocks M06BXX
07B01		Timer	No	No	On time: 0H 0M 2S Off time: 0H 0M 2S
07B02		Pulses on edges	---	---	Pulse when the input changes: from OFF to ON

M07		delay1	---	---	See blocks M07BXX
08B04		Numerical constant	No	---	Value of the constant: 1
08B05		Numerical constant	No	---	Value of the constant: 7
08B05		Comparison of 2 values	---	---	VALEUR 1 VALEUR 2

e) Configurable functions 3

Tabel 6 program Configurable functions 3

No	Symbol	Function	Lock	Latching	Parameter	Comment
B0805		Comparison of 2 values	-	-	VALEUR 1 VALEUR 2	
M08	range	range1-8		-	See blocks M08BXX	

f) Cam block.

Tabel 7 Hasil CAM BLOCK

B028	CAM BLOCK							
Position	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	0	0	0	0
4	1	1	1	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	0	0	0	0
6	1	1	1	1	1	0	0	0
7	1	1	1	1	1	1	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1	0

VI. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan dan analisis data pada hasil simulasi program maka dapat disimpulkan bahwa “ Perencanaan Program PLC Pengendali Putaran Turbin Uap Pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Skala Mikro Kampus-II ITN Malang menggunakan Pemograman SFC PLC Zelio.” antara lain :

1. Konsep Perencanaan Program Kerangka kerja kontrol generator turbin untuk pembangkit listrik tenaga sampah memerlukan beberapa komponen pendukung untuk dibentuk menjadi perangkat yang digunakan dan berguna dalam menentukan jenis komponen yang digunakan. Komponen yang dipilih adalah sebagai berikut:
 - a) Hardware, PLC Zelio tipe SR2B201JD
 - b) Sensor Tachogenerator
 - c) Software Zelio Soft 2
2. Berdasarkan hasil simulasi program Sistem Pengendali Putaran Turbin generator untuk PLTSa didapatkan dengan perangkat kerangka kontrol yang cukup mendasar dan sederhana untuk digunakan di berbagai tempat karena hanya menggunakan PLC ZELIO tipe minimal yang sangat terjangkau.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Harja, F. (2022). RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALI FREKUENSI TURBIN GENERATOR UNTUK PLTSAMPAH KAMPUS II ITN MALANG (Doctoral dissertation, ITN MALANG)
- [2]. Samsinar, R., & Anwar, K. (2018). Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115

- KW (Studi Kasus Kota Tegal). *ELEKTUM*, 15(2).
- [3]. Darmawan, R., Marno, M., & Fauji, N. (2021). Rancang bangun turbin uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Kapasitas 1, 45 KW di Lingkungan Kampus Unsika. *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, 4(1).
- [4]. Winwin, W., Soeharsono, G., & Halim, A. PENGENDALIAN MODUL OVERHEAD HANDLING STATION BERBASIS SEQUENTIAL FUNCTION CHART. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin POROS*, 13(1), 15-22.
- [5]. Prestanty, D. A., & Cahyono, B. D. (2022). PROSES PEMBANGKIT LISTRIK 15 MW PADA WASTE HEATS RECOVERY SYSTEM DI PT. CEMINDO GEMILANG, TBK. *JURAL RISET RUMPUN ILMU TEKNIK*, 1(2), 52-66
- [6]. Dwiyanto, D. STUDI SISTEM CUCI MOBIL OTOMATIS BERBASIS PLC.
- [7]. [Sitompul, T., Atmam, A., & Setiawan, D. (2021). analisis Pengontrolan Tegangan Medan Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *JURNAL TEKNIK*, 15(1), 66-75. Guntara, R. G., & Famytra, R. A. (2017). Pembangunan Aplikasi Panduan Memasak Menggunakan Sensor Proximity Sebagai Fitur Air Gesture Pada Platform Android. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA)*, 1(1), 1-9.
- [8]. Kusmantoro, A., & Nuwolo, A. (2015). Pengendali Star Delta Pada Pompa Deep Well 3 Fasa 37 Kw Dengan Plc Zelio Sr3B261Fu. *Media Elektrika*, 8(2). 109.

VI. BIODATA PENULIS



Frankin Pius Kosmas Sarkol, lahir di Langgur tahun 2000, lulusan dari SMK Siwa Lima Kota Langgur, mahasiswa Institut Teknologi Nasional Malang, mengambil jurusan Teknik Elektro S-1 konsentrasi energi listrik pada 2018.