

Perancangan Sequencing Chiller untuk Menstabilkan Temperatur Suhu Ruangan Menggunakan Programmable Logic Control (PLC)

Dendy Achmad Septian^{*}, Emilia Roza, Rosalina

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA
Jalan Tanah Merdeka No 6, Kp Rambutan, Jakarta, Indonesia
Telp : +62-21-8400341, Faks : +62-21-8411531

E-mail : achmaddendy0310@gmail.com^{*}; emilia_roza@uhamka.ac.id; rosalina.husnul@yahoo.com

Abstrak – Penggunaan chiller sebagai pendingin ruangan sudah banyak digunakan di perkantoran maupun industri. Belum adanya otomatisasi pada alat pendingin menyebabkan muncul kendala suhu yang dihasilkan pendingin masih naik turun tergantung keadaan cuaca. Selain itu jumlah chiller yang digunakan juga tidak bisa dikontrol sehingga kalori yang digunakan menjadi maksimal yang menyebabkan pemakaian listrik menjadi besar juga. Perancangan sequencing chiller menggunakan PLC ini, bertujuan agar suhu yang dihasilkan oleh sequencing chiller stabil pada 27°C dan energy yang digunakan berkurang hingga 50%. Hasil pengujian dari perancangan bahwa setelah menggunakan PLC suhu dalam ruang dapat dikontrol stabil pada 27 derajat celsius. Dari 3 chiller yang tersedia pada mesin pendingin dengan PLC bisa dikontrol jumlah yang dipakai sehingga dapat menghemat 50% energy listrik yang digunakan.

Kata kunci: Pendingin ruang, Chiller, PLC.

1 Pendahuluan

Automatisasi dilakukan untuk meningkatkan keandalan suatu sistem yang meliputi kepresisian kerja, kecepatan, dan kemudahan pengoperasian. Penggunaan mesin otomatis dan pemrosesan secara otomatis adalah solusi untuk mendapatkan efisiensi yang tinggi [1]. Salah satu jenis otomatisasi yang paling banyak digunakan adalah teknologi PLC (*Programmable Logic Controller*). Salah satu contoh penggunaan PLC pada industri adalah untuk mengontrol kestabilan temperatur ruangan dengan Chiller.

Alat pengontrol kestabilan temperatur ruangan terdiri dari 2 sistem yaitu : 1. Unit outdoor yaitu chiller sebagai unit pendingin, 2. Unit indoor AHU (Air Handling Unit) dan FCU (Fan Coil Unit) serta dilengkapi dengan circulation pump untuk sirkulasi chilled water. [2]Berapa jumlah chiller yang digunakan di unit outdoor bergantung pada luas ruang dan pengaruh temperatur udara lingkungan [3].

Kontrol pengurutan penggunaan chiller dengan sequencing chiller adalah pendekatan untuk menentukan ambang batas yang tepat untuk menyalakan dan mematikan pendingin agar pendingin bisa menjamin memberikan suhu yang sesuai dengan energi yang digunakan minimal.

Ketidakpastian terkait pengukuran beban pendinginan dapat dijelaskan dengan menggunakan distribusi normal dan ketidakpastian yang terkait dengan estimasi kapasitas chiller maximum dijelaskan menggunakan seragam distribusi. Pengukuran dengan metode tersebut membutuhkan waktu yang cukup lama jika pendingin

ruangan mengalami suhu yang tidak stabil, sehingga harus dilakukan pengecekan alat yang bekerja satu persatu untuk dapat menemukan problem yang terjadi dan melakukan perbaikan [4]

Penggunaan PLC dapat memudahkan dalam hal pengoperasian, pengontrolan suhu dan menghemat konsumsi energi listriknya. Berdasarkan masalah tersebut, maka akan dilakukan penambahan PLC pada sequencing chiller agar suhu yang dihasilkan bisa stabil pada suhu 27°C dan energi yang digunakan pada alat pendingin bisa berkurang hingga 50%.

2 Dasar Teori

2.1 Pengertian Chiller

Chiller adalah mesin pendingin yang digunakan untuk mendinginkan air sebagai media pendingin (penukar panas) [5] pada sisi evaporatornya. Chiller terdiri dari beberapa instrumen yang terintegrasi menjadi satu, yaitu: *compressor, condenser, katup ekspansi dan evaporator*. Air dingin yang dihasilkan, selanjutnya didistribusikan ke mesin penukar kalor (FCU) lalu dialirkan ke AHU (*Air Handling Unit*) yang berfungsi menjadikan udara menjadi semakin dingin. Setelah melewati AHU suhunya naik kembali karena pertukaran kalor dari udara, kemudian air tersebut dikembalikan ke Chiller untuk di dinginkan lagi. Proses ini berlangsung secara berulang-ulang seperti sistem pendingin ruangan *air conditioner*. Sistem AC terpusat ini, dapat mengkonsumsi energi sampai 60% dari total kebutuhan energi [6].

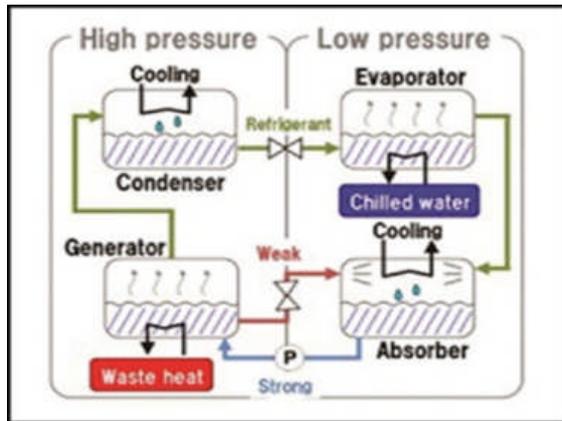
2.1.1 Pengelompokan Chiller

1. Absorption Chiller

Absorption chiller adalah mesin yang beroperasi berdasarkan siklus pendinginan absorpsi uap. Siklus ini terdiri dari empat penukar panas utama, (generator, kondensor, evaporator dan penyerap) dengan dua jenis larutan, (*refrigeran dan absorben*). Selama siklus ini, tekanan tinggi akan terjadi di dalam generator dan kondensor, sementara tekanan rendah akan terjadi di dalam evaporator dan absorber.

Siklus dimulai dengan memasukkan zat panas ke dalam generator. Setelah dimasukkan zat panas, generator akan menghasilkan uap dan larutan yang akan dipisahkan menjadi refrigeran dan weak solution.

Uap yang dihasilkan akan masuk ke kondensator yang kemudian berubah menjadi cair. Karena ada perbedaan tekanan antara kondensator dan evaporator, zat pendingin mengalir ke dalam evaporator dan menyerap panas dari air dingin yang beredar di dalam evaporator. Akibatnya, suhu air yang beredar berkurang dan kemudian digunakan untuk keperluan AC.

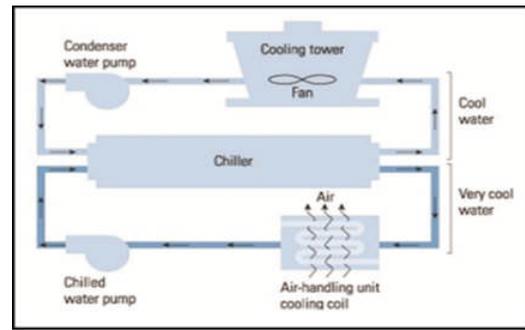


Gambar.1. Absorption Chiller

Refrigerasi adalah proses penyerapan kalor dari ruangan yang akan didinginkan dengan menggunakan *refrigerant* yaitu zat yang digunakan sebagai fluida kerja dalam proses penyerapan panas [7]. *Refrigerant* yang menguap kemudian akan memasuki *absorber* dimana akan dicampur dengan larutan lemah, campuran kemudian akan mendapatkan keadaan cair dan akhirnya akan masuk generator dan siklusnya berulang. Diagram skematik siklus pendinginan absorpsi uap ditunjukkan pada gambar di atas.

2.1.2 Cara Kerja Chiller

Chiller terdiri dari *reservoir* yang diisi dengan cairan seperti air atau campuran *etilen glikol* dimana sirkulasi air akan terus terjadi. Dalam aplikasi bangunan, air dingin disirkulasikan ke penanganan udara atau balok pendingin untuk mentransfer panas dari udara ke air, atau sebaliknya, mentransfer pendinginan dari air ke udara bangunan. Diagram skematik plant chiller ditunjukkan pada gambar di bawah.

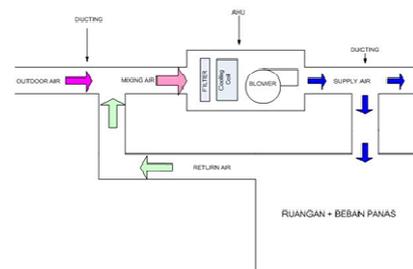


Gambar. 2. Diagram Skematik Plant Chiller

Chiller dapat diklasifikasikan sebagai pendingin absorpsi dan pendingin kompresi refrigeran, berdasarkan siklus refrigeran tempat mereka bekerja.

Proses pendinginan berbeda secara signifikan pada dua jenis pendingin. Penyerap pendingin menggunakan sumber panas seperti gas alam atau uap untuk menciptakan efek pendinginan. Pendingin Chiller umumnya menggunakan kompresi mekanik dan merupakan yang paling umum. Chiller kompresi (*compressor chiller*) terdiri dari empat komponen utama, meliputi kompresor, evaporator, kondensator dan valve metering sistem. Pada dasarnya, pendingin mengumpulkan panas, dan kemudian menggunakan penukar panas evaporator untuk menghilangkan panas itu.

2.2 AHU (Air Handling Unit)



Gambar. 3. Skema Ducting dan AHU

2.2.1 Air Handling Unit (AHU)

AHU adalah alat yang digunakan untuk mengatur dan mensirkulasi udara sebagai bagian dari sistem pemanas, ventilasi, dan AC (HVAC). AHU biasanya berupa kotak besar yang terbuat dari logam yang berisi blower, elemen pemanas atau pendingin, filter, peredam suara.

2.2.1.1 Cooling Coil

Cooling coil digunakan mengontrol suhu sistem pemanasan dan pendinginan di mana ruangan yang berada pada kondisi pengaturan pendinginan. Pertukaran kalor terjadi dengan udara lewat penukar kalor tersebut. *Cooling coil* yang lebih dingin akan menarik kalor dari udara yang lewat (*mixing air*) sehingga udara menjadi lebih dingin. *Cooling coil* ini dingin karena adanya sistem refrigerasi (bagian evaporator) atau sistem chiller

2.2.1.2 Filter

Filter mempunyai fungsi untuk membersihkan udara. Filter dapat berupa saringan yang menahan debu-debu sehingga tidak masuk ke ruangan.

2.2.1.3 Ducting

Media penghubung antara AHU dengan ruangan yang akan dikondisikan udaranya. Fungsi utama dari *ducting* adalah meneruskan udara yang didinginkan oleh AHU untuk kemudian didistribusikan ke masing-masing ruangan.

2.3 Cooling Tower



Gambar. 4. Cooling Tower

Cooling Tower banyak kita jumpai di pabrik-pabrik, atau mall. sebagai peralatan yang digunakan untuk menurunkan suhu aliran air dengan cara mengekstraksi panas dari air dan mengemisikan panas ke atmosfer [5].

Cooling Tower Salah satu komponen utama pada AC sentral selain chiller, AHU, dan ducting adalah cooling tower atau menara pendingin.

Berikut adalah tahapan kerja dari Cooling Tower:

1. Air panas dari kondensor dipompa menuju menara cooling tower melalui sistem pemipaan yang memiliki banyak nozzle pada ujungnya untuk tahap *spraying* atau semburan.
2. Air panas yang keluar dari nozzle mengalami penurunan temperature karena langsung melakukan kontak dengan udara sekitar yang bergerak secara paksa akibat pengaruh *fan/blower* yang terpasang pada *cooling tower*.
3. Kemudaiannya air yang sudah mengalami penurunan temperature tersebut ditampung dalam bak/basin untuk kemudian dipompa kembali menuju kondensor yang berada di dalam chiller.
4. Pada cooling tower juga terpasang katup make up water yang dihubungkan ke sumber air terdekat untuk menambah kapasitas air jika terjadi kehilangan air ketika proses evaporative dan blowdown.
5. Prestasi menara pendingin biasanya dinyatakan dalam "range" dan "approach" [6], dimana range adalah penurunan suhu air yang melewati cooling tower dan approach adalah selisih antara suhu udara wet-bulb dan suhu air yang keluar.
6. Perpindahan kalor yang terjadi pada cooling tower berlangsung dari air ke udara tak jenuh. Ada dua penyebab terjadinya perpindahan kalor yaitu perbedaan suhu dan perbedaan tekanan parsial antara air dan udara. Suhu pengembunan yang rendah pada cooling tower membuat sistem ini lebih hemat energi jika digunakan untuk system refrigerasi pada skala besar seperti chiller.

2.4 PLC (Programmable Logic Control)

PLC adalah sebuah alat yang digunakan untuk menggantikan rangkaian sederetan relay yang dijumpai pada sistem kontrol proses konvensional. PLC bekerja dengan cara mengamati masukan melalui sensor, yang berupa menghidupkan atau mematikan dengan logik 0 untuk mati atau 1 untuk hidup. Pengguna membuat program (yang umumnya dinamakan diagram tangga atau ladder diagram) yang kemudian akan dijalankan oleh PLC.

2.4.1 Fungsi dari PLC

Semakin kompleksnya proses yang harus ditangani, semakin penting penggunaan PLC, untuk mempermudah proses-proses tersebut. PLC juga dapat diterapkan untuk pengendalian sistem yang memiliki output banyak.

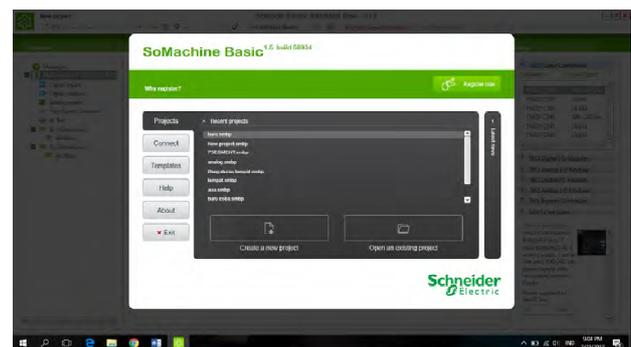
Fungsi dan kegunaan PLC dapat dibagi secara umum dan secara khusus.

Secara umum fungsi PLC adalah sebagai berikut :

1. *Sekuensial Control*
PLC memproses input sinyal biner menjadi output yang digunakan untuk keperluan pemrosesan teknik secara berurutan (sekuensial), disini PLC menjaga agar semua step atau langkah dalam proses sekuensial berlangsung dalam urutan yang tepat.
2. *Monitoring Plant*
PLC secara terus menerus memonitor status suatu sistem (misalnya nilai sudah melebihi batas) atau menampilkan pesan pada operator. Sedangkan fungsi PLC secara khusus adalah dapat memberikan input ke CNC (Computerized Numerical Control).

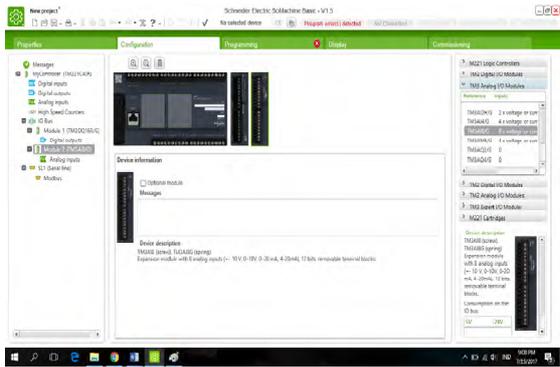
2.5 Software SoMachine Basic

SoMachine Basic adalah software yang digunakan untuk pengembangan, mengkonfirmasi dan mengkomunikasikan sistem dalam proses pembuatan *ladder diagram*.



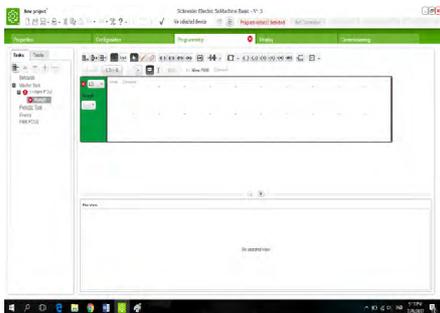
Gambar 5. Tampilan awal pada Program SoMachine Basic

Tampilan awal program *SoMachine Basic* berisi menu yang akan membantu proses pembuatan program, mulai dari *project*, *connect*, *templates*, *help*, *about* dan *exit*.



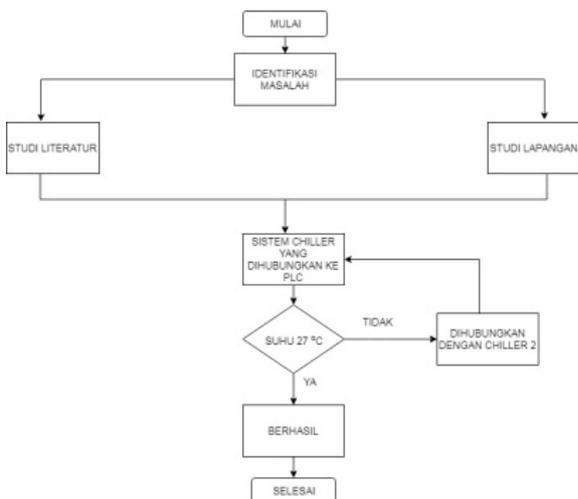
Gambar. 6. Tampilan Pengaturan Komunikasi Ethernet pada aplikasi SoMachine Basic

Pada Gambar 6, menampilkan jenis perangkat yang digunakan, deskripsi perangkat dan konfigurasi sistem ethernet.



Gambar. 7. Tampilan Programming Ladder Diagram pada aplikasi SoMachine Basic

3. Metodologi Penelitian



Gambar. 8. Diagram Alur dari Penelitian

Pengontrolan Chiller dengan langsung mengecek melalui chiller itu sendiri membutuhkan waktu yang cukup lama, energinya lebih besar dan biaya yang cukup besar. Pada penelitian ini akan dilakukan “Perancangan Kontrol Sequencing Chiller Untuk Menstabilkan Temperatur Suhu

Ruangan Menggunakan Programmable Logic Control (PLC) yang bertujuan untuk mempermudah pengoperasian dan pengontrolan chiller, menghemat konsumsi energi listrik dan mengontrol temperatur suhu pada ruangan menjadi stabil.

Suhu udara yang stabil merupakan salah satu hal yang paling penting dalam suatu industri atau gedung perkantoran. Karena udara segar akan memberikan kenyamanan dan meningkatkan kinerja dari mesin yang digunakan. Kesesuaian pola pengoperasian sistem refrigerasi pada saat perancangan dengan keadaan aktual menjadi salah satu penyebab tingginya konsumsi energi listrik. Efisiensi kinerja mesin water chiller dapat dipengaruhi oleh: temperatur air keluar evaporator, dan temperatur air masuk kondensor. Sehingga semakin rendah temperatur refrigerant di kondensor maka akan meningkatkan nilai COP yang dihasilkan (KW/TR semakin rendah) [1].

Pada penelitian ini akan dilihat kinerja, penghematan energi dan kestabilan suhu pada ruangan dari chiller setelah menambah PLC.

Sebelum adanya PLC suhu ruangan hanya di control melalui chiller, tetapi setelah penggunaan PLC pada sistem sequencing chiller memudahkan dalam hal pengeoperasian dan dalam pengecekan bila terjadi masalah. Penggunaan PLC juga dapat menghemat konsumsi energi listrik yang akan digunakan.

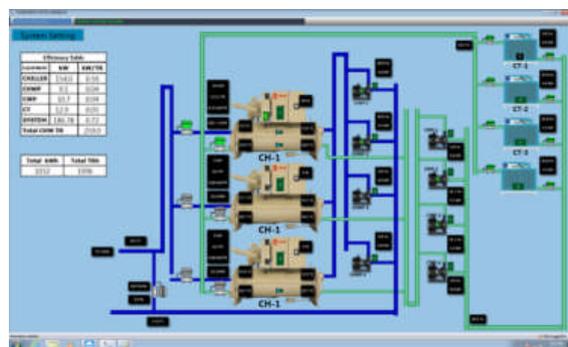
3.4 Fase-fase dalam Mempersiapkan Kontrol Sequencing Chiller

Pada sistem ini dapat dibagi menjadi 3 fase yaitu :

1. Fase Desain Alat
2. Fase Perangkat Keras (Hardware)
3. Fase Perangkat Lunak (Software)

3.4.1 Fase Desain Alat

Pada fase ini, dimulai dengan membuat desain gambaran awal rangkaian sistem Sequencing Chiller (gambar 9) dengan tujuan mengetahui letak dari bagian-bagian alat yang akan dibuat.



Gambar. 9. Rangkaian Sistem Sequencing Chiller

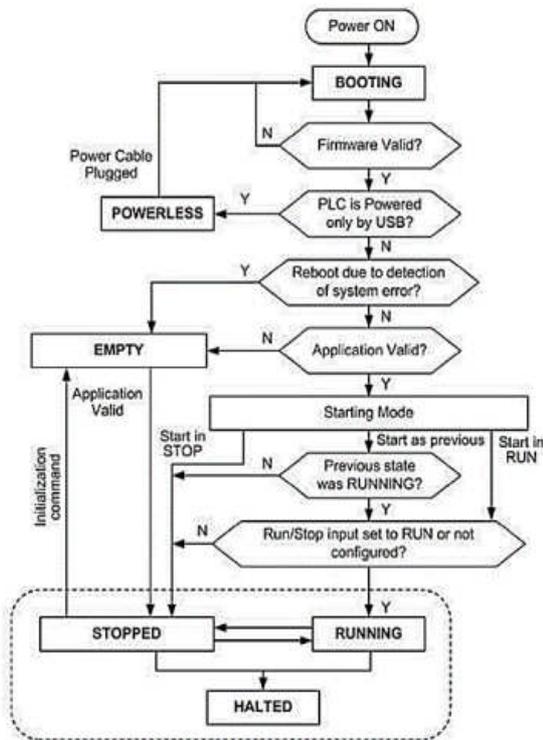
Pada peneliti ini, topik yang akan dibahas dibatasi pada mengontrol Chiller saja.

3.4.2 Fase Perangkat Keras (Hardware)

Perangkat keras pada sistem ini dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu Chiller, PLC Schneider, relay omron LY2 220/240V, MCB, Power Supply. Masing-masing bagian

dari sistem tersebut terdapat beberapa komponen pendukung yang mempunyai fungsi tersendiri.

3.4.2.1 PLC Schneider TM221C16T



Gambar. 10. Flowchart Pengoperasian PLC



Gambar. 11. PLC Schneider TM221C16T

Rangkaian ini berfungsi untuk membantu pemasangan Komponen-komponen yang ada pada sistem. Terdiri dari rangkaian Relay, MCB, Power Supply, Terminal Block. PLC ini diaktifkan dengan menggunakan tegangan sebesar 24V yang didapat dari powersupply.

PLC ini mempunyai beberapa karakteristik yaitu :

- a. Mempunyai 9 digital inputs :
 - Fast Inputs (HSC)
 - Regular inputs
- b. Mempunyai 7 digital output :
 - 2 Fast Transistor Outputs
 - 5 Regular Transistor Outputs
- c. Mempunyai 2 analog input
- d. Communication Port :
 - 1 Serial Line Port
 - 1 USB mini-B Programming Port

3.4.3 Fase Perangkat Lunak (Software)

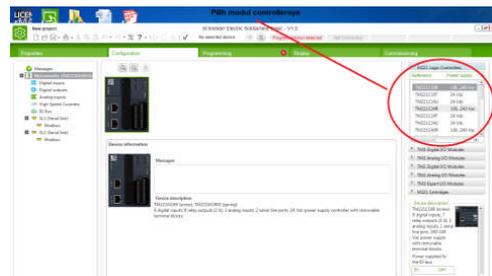
SoMachine Basic adalah software yang digunakan untuk membuat program pada PLC M221. Langkah-langkah untuk menggunakan software Somachine Basic adalah :



Gambar 12 Icon dari SoMachine Basic

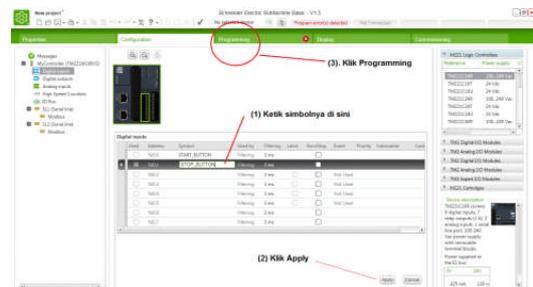


Gambar 11 Tampilan awal SoMachine Basic

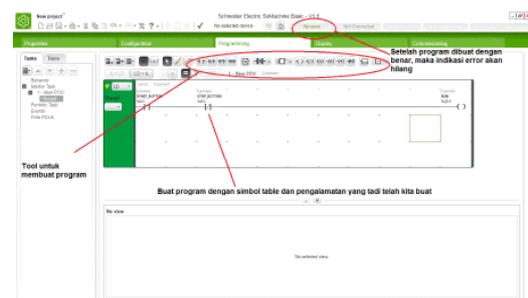


Gambar. 12. Memilih Modul kontrolnya/ Jenis PLC yang digunakan

Pada gambar 12-14 merupakan tampilan awal sebelum membuat program. Pada gambar 14, kita harus memilih jenis PLC yang akan digunakan .

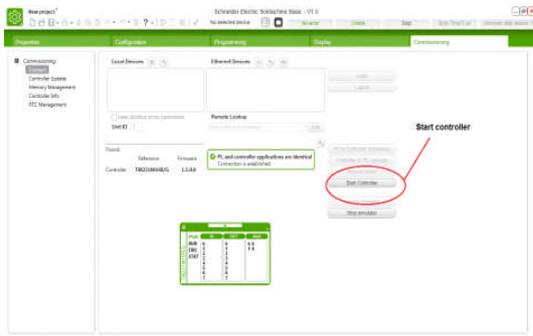


Gambar. 13. Menginput data pada software SoMachine Basic

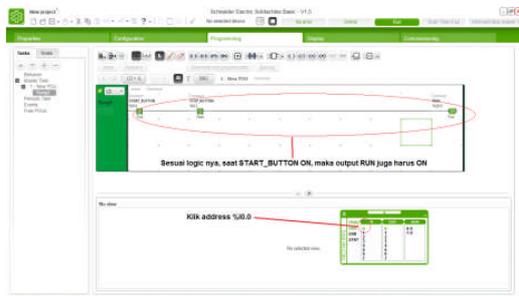


Gambar 14 Salah satu Contoh Membuat Program

Pada Gambar 15-16, mulai menginput data yang akan di program ke dalam software yang akan otomatis dijalankan oleh PLC dan Pada Gambar 3.9 merupakan salah satu contoh data yang sudah terinput dan contoh program yang akan dijalankan.



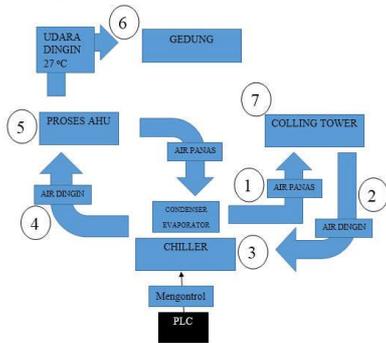
Gambar. 15. Memulai Menjalankan Program setelah data terinput



Gambar. 16. Tampilan dari Program yang sudah dibuat

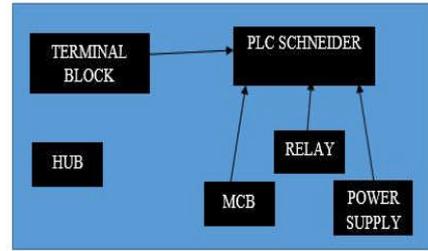
Pada Gambar 17-18 mulai menjalankan program yang telah dibuat.

3.5 Proses perubahan air menjadi udara dingin



Gambar 19 Blok Diagram Perancangan

Skema dimulai dari air panas yang berasal dari kondensor akan didinginkan di cooling tower. Kemudian air dari cooling tower akan didorong masuk ke dalam chiller dengan pompa. Air yang masuk ke chiller akan di dinginkan sampai temperatur air menjadi 27°C yang akan di control oleh PLC. Setelah suhu sesuai, air masuk ke proses AHU yang akan merubah air menjadi udara dingin yang akan dialirkan ke dalam ruangan. Selanjutnya air yang berada pada AHU kembali masuk ke dalam chiller dalam bentuk air panas yang berada pada bagian condenser dan evaporator. Proses tersebut akan kembali berulang.



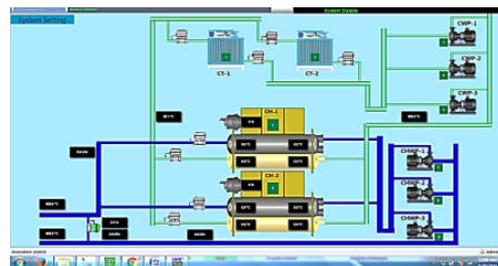
Gambar .20. Komponen Pendukung PLC

Sedangkan untuk mengontrol PLC nya sendiri membutuhkan beberapa komponen pendukung untuk berjalannya PLC tersebut yaitu :

1. Relay berfungsi sebagai Elektromagnet dan Mekanikal untuk menggerakkan Kontak Saklar dengan arus listrik yang kecil.
2. MCB berfungsi sebagai pelindung rangkaian listrik dan berfungsi untuk memutuskan arus listrik secara manual.
3. Power Supply berfungsi sebagai komponen yang menghantarkan arus listrik untuk PLC.
4. Terminal Block berfungsi sebagai terminal yang berfungsi untuk memblock tegangan arus yang melebihi dan masuk ke dalam PLC.
5. HUB berfungsi sebagai penghubung semua komponen dengan PLC yang memudahkan mengontrol chiller, pompa pada chiller, dan juga Inverter.

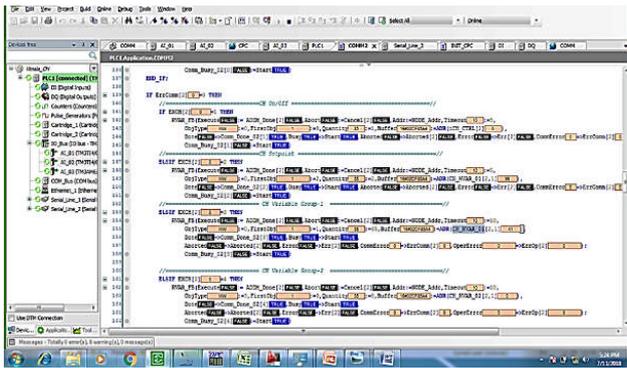
4. Temuan dan Pembahasan

Pengujian sistem dimulai dengan menghubungkan PLC dengan Chiller melalui software SoMachine Basic.



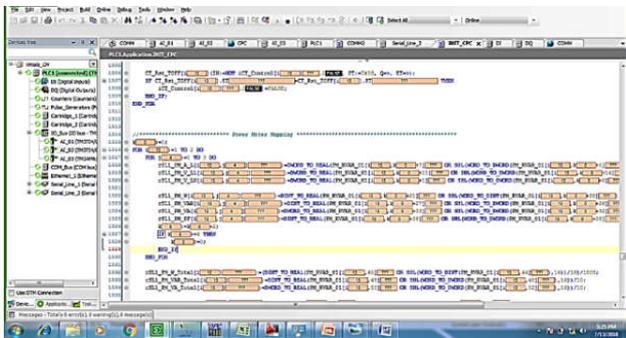
Gambar 21 Tampilan awal grafis pada software SoMachine Basic

Semua unit yang digunakan untuk proses perubahan dari air dingin menjadi udara dingin terlihat pada gambar 21. Pada tampilan awal ini belum ada input kedalam PLC sehingga PLC belum dapat bekerja.



Gambar. 21. Program pada software SoMachine Basic

Program yang diinput pada software akan dijalankan secara otomatis oleh PLC dan akan mengontrol chiller untuk kestabilan pada suhu ruangan. (Gambar 22). Kemudian setelah program diinput akan muncul Power Meter Mapping dari Chiller (Gambar 23).



Gambar. 22. Program Power Meter Mapping

4.1 Besarnya Penggunaan Kalor pada Chiller
 Besarnya kalori yang digunakan dapat dihitung dengan persamaan $TR \times \text{jumlah kalori}$:

Jika untuk satu Chiller yang digunakan dibutuhkan sebesar 350 TR (Ton Refrigerant), dimana 1 TR = 3,024 kalori

Maka untuk 1 chiller akan membutuhkan :

$$350 \text{ TR} \times 3,024 \text{ kalori} = 1058,4 \text{ Kkalori.}$$

Lalu untuk menggunakan 3 mesin chiller maka akan menghasilkan :

$$1050 \text{ TR} \times 3,024 \text{ kalori} = 3175,2 \text{ Kkalori}$$

Jadi, presentase penggunaan banyaknya kalori yang digunakan adalah :

$$\frac{2116,8}{1058,4} \times 100\% = 50\%$$

Namun biasanya yang digunakan hanya 1 chiller saja dikarenakan temperatur suhu ruangan yang diinginkan telah tercapai, apabila temperatur suhu naik maka secara otomatis chiller yang ke 2 akan menyala dan beroperasi dengan sendirinya sesuai dengan program yang telah dibuat pada PLC

4.1.1 Hasil Tampilan pada monitor Chiller



Gambar 24 Tampilan pada layar Chiller

Air yang berasal dari Condenser dengan suhu 29.1 oC mengalami tekanan/pressure sebesar 626.8 di Cooling Tower dan merubah suhu menjadi 28.6 oC. Air tersebut masuk ke evaporator dan mengalami tekanan sebesar 613.0 dan merubah suhu menjadi 27.0 °C. Air yang sudah berubah menjadi udara dingin dialirkan ke dalam gedung. Suhu udara yang keluar dari gedung 27.2 °C.

4.4 Tabel Kemampuan Pendinginan

Tabel dibawah ini merupakan data dari penelitian sebelumnya yang tidak menggunakan PLC.

Tabel 4.1 Tabel Kemampuan Pendingin sebelum dan sesudah menggunakan PLC

Chiller yang beroperasi sbll menggunakan PLC	Kemampuan Chille sbll menggunakan PLC (TR)	Chiller yang beroperasi sesudah menggunakan PLC	Kemampuan Chiller ssd menggunakan PLC (TR)
Kondisi 1 4 unit chiller yang beroperai	1360	Kondisi 1 3 Unit chiller yang beroperasi	1050
Kondisi 2 3 unit chiller yang beroperasi dan 1 akan standby	1020	Kondisi 2 2 Unit chiller yang beroperasi dan 1 akan standby	700
Kondisi 3 2 unit chiller yang beroperasi dan 2 akan standby	680	Kondisi 3 1 unit chiller yang beroperasi dan menambahkan PLC. Sisanya 2 unit chiller akan standby	350
Kondisi 4 1 unit chiller yang beroperasi dan 3 akan standby	340		

4.5 Hasil dari Pengukuran temperatur suhu pada ruangan

Tabel 4.3 Perbandingan antara sebelum dan sesudah menggunakan PLC

No	Waktu (jam)	Temperatur (°C)		
		T1	T2	ΔT
1	08.00	25	27	2
2	09.00	24	27	3
3	10.00	28	27	-1
4	11.00	24	29	5
5	12.00	20	27	7
6	13.00	17	27	10
7	14.00	21	27	6
8	15.00	26	25	-1
9	16.00	29	27	-2

10	17.00	23	27	4
11	18.00	20	27	7
12	19.00	18	27	9
13	20.00	23	27	4
14	21.00	25	27	2

5 Simpulan

Setelah melakukan pengujian pada hasil perancangan pada kontrol Sequencing Chiller, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Setelah menggunakan PLC suhu ruangan dapat dikontrol stabil pada suhu 27 derajat celcius.
2. Dari 3 chiller yang tersedia pada mesin pendingin dengan PLC bisa dikontrol jumlah yang dipakai sehingga dapat menghemat 50% energy listrik yang digunakan.

Kepustakaan

- [1] H. W. A. I. Budi Arisanto, "Pengoperasian Chilled Water System Pada Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif," Hasil Penelitian dan Kegiatan PTLR , 2012.
- [2] M. R. d. R. I. Putri, "Desain Dan Implementasi PLC Berbasis Mikrokontroler ATmega8," *Jurnal ELTEK*, vol. Vol 11 Nomor 02, pp. 114-127, 2013.
- [3] N. A. B. S. Budi Yanto Husodo, "Anallisa Audit Konsumsi Energi Sistem HVAC (Heating, Ventilasi, Air Conditioning) di Terminal 1A, 1b, ddan 1C Bandara Soekarno-Hatta," vol. Vol. 5 No. 1, pp. 49-57, 2014.
- [4] G. N. N. L. H. Nimas PuspitoPratiwi, "Analisa Kinerja Cooling Tower Induced Draft Tipe LBC W-300 Terhadap Pengaruh Temperatur Lingkungan," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. Vol. 7 No. 7 , 2014.
- [5] Y. Handoyo, "Analisis Performa Cooling Tower LCT 400 Pada P.T. XYZ, Tambun Bekasi," *Jurnal Imiah Teknik Mesin*, Vols. Vol. 3, No.1, 2015.
- [6] J. Marpaung, "Kendali Beban Terpusat Untuk Sistem Air Handling Unit (AHU) di PT MPIM Sebagai Upaya Penghematan Energi Listrik," *Jurnal ELKHA* , , Vols. Vol.5, No 1, pp. 41-48, Maret 2013.
- [7] J. H. A. K. Azridjal Aziz, "Performansi Modular Chiller Kapasitas 120 TR," *Jurnal Mekanika*, vol. Vol. 6 No. 1, pp. 532-539, 2015.