

Sistem Otomasi & Logging Data pada Electric Batch Heat Treatment

Budiman Chandra, Handry Khoswanto
Prodi Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Kristen Petra
Jl. Siwalankerto, 121-131 Surabaya - Jawa Timur 60236
budiman.chandra88@gmail.com
handry@petra.ac.id

Abstract— Nowadays efficiency plays a crucial role in the manufacturing industry. Manufacturing companies are required to achieve efficiency in order to compete in manufacturing activities with other companies, and one way to do so is through automation and digitalization. Electric Batch Heat Treatment is an important process in the production of Mill Liners, where steel is heated to a specific temperature to produce high-quality products. The heat generated by the Electric Batch must reach a predetermined value and maintain the desired temperature stability. Additionally, every corner of the Electric Batch Heat Treatment must be within the same temperature range. Temperature recording process is also vital, serving as an indicator of whether excessive or insufficient heating has occurred and as evidence that the heating of the steel has been done as desired to achieve certain quality standards. This journal discusses the process of using a Silicon Controlled Rectifier (SCR) to control the heater elements in EBHT for heating efficiency. Furthermore, the recording process will utilize a computerized database system, enabling the digital storage of temperature recordings.

Intisari— Efisiensi sangat memegang peranan penting dalam industri manufaktur saat ini. Perusahaan manufaktur dituntut untuk dapat mencapai suatu efisiensi agar dapat bersaing dalam kegiatan manufaktur dengan perusahaan lain salah satunya adalah dengan otomasi dan digitalisasi. Electric Batch Heat Treatment (EBHT) merupakan salah satu proses penting dalam produksi Mill Liner untuk memanaskan baja dalam suhu tertentu untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Panas yang dihasilkan oleh Electric Batch harus sesuai mencapai nilai tertentu yang sudah ditetapkan dan menjaga kestabilan suhu yang diinginkan. Selain itu setiap sudut ruangan dalam Electric Batch Heat Treatment harus berada pada rentang suhu yang sama. Proses rekam suhu juga menjadi juru kunci selain sebagai tanda bahwa tidak terjadi pemanasan berlebih atau kurang, juga sebagai bukti bahwa hasil pemanasan baja sudah sesuai seperti yang diinginkan untuk mencapai baku mutu tertentu. Dalam jurnal ini, akan dibahas proses menggunakan Silicon Controlled Rectifier (SCR) untuk mengontrol elemen heater pada EBHT untuk mendapatkan efisiensi dalam pemanasan. Selain itu, proses perekaman akan menggunakan sistem database komputer sehingga perekaman suhu dapat disimpan secara digital.

Kata Kunci — Heat Treatment, SCR, Efisiensi, Digitalisasi

I. PENDAHULUAN

Terdapat beberapa metode pemanasan sebagai contoh menggunakan pemanasan berbasis listrik dan pemanasan berbasis gas. Pemilihan metode pemanasan berbasis gas dan listrik bergantung pada ketersediaan sumber daya tersebut dan bergantung pada nilai ekonomis dalam pemanasan suatu benda. Dalam pembahasan kali ini, metode pemanasan yang digunakan akan berbasis listrik karena keterbatasan gas dan melimpahnya arus listrik pada PT. X.

Tujuan utama dari proyek ini adalah menghilangkan pengendalian menggunakan kontaktor, sebab pemanasan berbasis listrik menggunakan kontaktor adalah sistem on dan off. Sistem On dan Off pada elemen heater akan menghasilkan inrush current yang tinggi sehingga menyebabkan kontaktor akan cepat rusak, selain itu juga konsumsi energi akan lebih boros. Oleh sebab itu pada proyek ini, metode pengendalian panas yang akan digunakan adalah dengan menggunakan SCR Power Regulator dimana pada SCR Power Regulator besaran arus yang mengalir pada elemen heater akan menyesuaikan dengan daya yang dikontrol dengan PID.

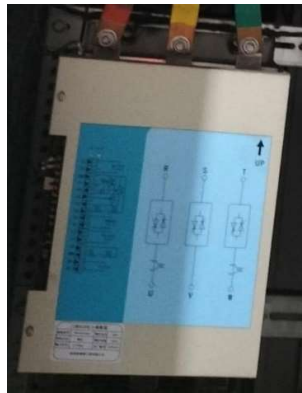
Kontrol SCR Power Regulator dan monitoring suhu thermocouple akan dikontrol oleh PLC dimana saat ini digunakan pengontrol temperatur untuk mengontrol hidup maupun matinya elemen heater sehingga tidak terpancut dengan baik. Pengontrol temperatur yang digunakan sekarang mengalami masalah pengadaan dengan harga yang lumayan tinggi dan tidak efisien.

Data Logging juga merupakan isu krusial pada proyek kali ini, dimana data logging temperatur yang digunakan saat ini masih menggunakan paper recorder yang direkam secara manual, dimana harga pada unit paper recorder tersebut cenderung tinggi ditambah dengan consumable parts seperti kertas dan tinta khusus yang hanya bisa dibeli dari pabrikan paper recorder tersebut. Selain itu, penyimpanan data juga menjadi masalah dimana data yang direkam harus dilacak kembali jika terjadi cacat produk untuk mengetahui masalah yang telah terjadi pada produk pada saat pemanasan. Untuk mengatasi masalah tersebut, penulis akan merubah proses data logging dari paper recorder menjadi berbasis digital dengan media penyimpanan berbasis SQL, kemudian ditampilkan pada aplikasi berbasis web sehingga memudahkan dalam penyimpanan data dan juga dalam pelacakan histori temperatur.

II. LANDASAN TEORI

A. SCR Power Regulator

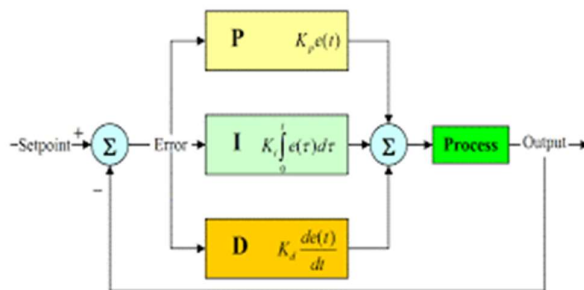
Kontrol mikroprosesor dalam pasokan daya SCR Power Regulator telah berkembang pesat dalam dua puluh tahun terakhir. Ini memungkinkan hubungan yang erat antara masukan energi yang diperlukan ke elemen pemanas dan setpoint kontrol. SCR Power Regulator dengan pemantulan sudut fasa biasanya digunakan dalam pasokan daya. Faktor daya 1 hanya mungkin saat berjalan pada keluaran 100%. Di bawah level ini, distorsi harmonik yang signifikan dapat terjadi karena kemampuan untuk memotong gelombang listrik pada titik mana pun dalam siklus. Penggunaan SCR Power Regulator ini juga membuat faktor daya selalu bernilai satu.



Gambar. 1. SCR Power Regulator

B. Kontrol PID

Sebuah kontrol proportional-integral-derivative (PID) adalah mekanisme umpan balik loop kontrol yang umum digunakan dalam sistem kontrol industri. Pengendali PID menghitung nilai "error" sebagai selisih antara variabel proses yang diukur dan titik set yang diinginkan. Pengendali berusaha meminimalkan kesalahan tersebut dengan mengatur masukan kontrol proses.



Gambar. 2. Block Diagram PID

C. Thermocouple tipe N

Thermocouple tipe N (atau kadang disebut juga Nicrosil – Nisil) adalah tipe thermocouple dianggap sebagai pengganti untuk thermocouple tipe K dimana thermocouple tipe K merupakan tipe yang paling umum digunakan dalam dunia industri. thermocouple tipe N

menunjukkan ketahanan yang jauh lebih besar terhadap oksidasi pada suhu tinggi dibandingkan dengan tipe K.

Ketahanan oksidasi pada thermocouple tipe N lebih unggul karena kombinasi tingkat kromium dan silikon yang lebih tinggi pada konduktor Nicrosil positif. Demikian pula, tingkat silikon dan magnesium yang lebih tinggi pada konduktor Nisil negatif membentuk penghalang difusi pelindung. Tipe N juga menunjukkan peningkatan yang jauh lebih baik dalam hal pembacaan rentang suhu 300°C hingga 500°C di mana stabilitas Tipe K kurang. Tingkat tinggi kromium pada konduktor NP dan silikon pada konduktor NN memberikan stabilitas magnetik yang lebih baik.

Conductor Combination	Approximate generated EMF change in μV per $^{\circ}\text{C}$ change (referenced to 0°C) at:			Approximate Working Temperature Range		Thermocouple Output Tolerances to IEC 60584-1					
	+ Leg	- Leg	100 $^{\circ}\text{C}$	500 $^{\circ}\text{C}$	1000 $^{\circ}\text{C}$	Continuous	Short Term	Type	Class 1	Class 2	Class 3
NICKEL - CHROMIUM - SILICON Also known as: NiCrSi	NICKEL - SILICON MAGNESIUM Also known as: NiSi		30	30	30	0 to $+1150^{\circ}\text{C}$	-270 to $+1300^{\circ}\text{C}$	Temperature Range Tolerance Value Temperature Range Tolerance Value	-40 $^{\circ}\text{C}$ to $+1375^{\circ}\text{C}$ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 23 $^{\circ}\text{C}$ to 1200°C $\pm 0.004^{\circ}\text{C}$	-40 $^{\circ}\text{C}$ to $+1375^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 23 $^{\circ}\text{C}$ to 1200°C $\pm 0.0075^{\circ}\text{C}$	-40 $^{\circ}\text{C}$ to $+1475^{\circ}\text{C}$ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ 23 $^{\circ}\text{C}$ to 1200°C $\pm 0.015^{\circ}\text{C}$

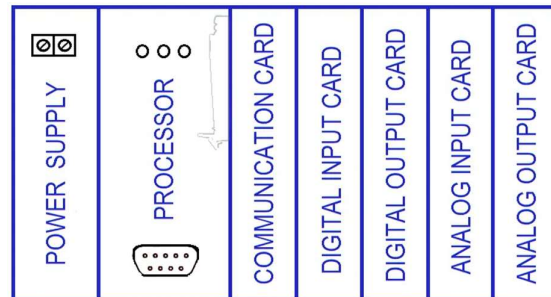
International Colour Code to IEC 60584-3	ANSI/MC96.1	Redundant national colour coding for thermocouple cables to IEC 60584-1		
		BS 1843	DIN 43714	NFC 42324

Gambar. 3. Jenis kabel pada thermocouple tipe N

D. PLC

Programmable Logic Control (PLC) adalah sejenis elektronika industri yang telah diperkuat dan disesuaikan untuk mengontrol proses manufaktur, seperti jalur perakitan, mesin, perangkat robotik, atau segala aktivitas yang membutuhkan kehandalan tinggi, kemudahan pemrograman, dan diagnosis kesalahan proses. PLC digunakan untuk mengendalikan perangkat-perangkat seperti motor listrik, katup, sensor, dan perangkat lainnya dalam suatu sistem otomatisasi. PLC juga berperan dalam pemrosesan data, pelaksanaan logika, pemantauan kondisi, dan mengambil keputusan berdasarkan program yang telah diprogramkan ke dalamnya.

Sebuah PLC terdiri dari jumlah yang diperlukan dari tipe-tipe modul sesuai kebutuhan, tetapi secara struktur terdiri dari dari Power Supply, CPU, Input/Output (I/O) dan komunikasi modul.



Gambar. 4. Modul-modul PLC

1. **Catu Daya**
Catu Daya mengubah tegangan distribusi listrik menjadi tegangan level sinyal yang digunakan oleh prosesor PLC dan modul lainnya.
2. **Prosesor**
Prosesor mengandung mikroprosesor yang melakukan fungsi kontrol dan perhitungan, serta memori yang diperlukan untuk menyimpan program.
3. **Input/Output (I/O)**

Modul-modul ini menyediakan cara menghubungkan prosesor ke perangkat lapangan. Contoh-contoh modul ini adalah Modul Input Analog, Modul Output Analog, Modul Input Digital, Modul Output Digital, dan sebagainya. Modul-modul ini digunakan untuk menghubungkan perangkat antara PLC dan perangkat lapangan seperti pemancar aliran, pemancar tekanan, katup kontrol, analisis, pengumpanan substation untuk kendali motor, dan sebagainya.

4. Komunikasi

Modul komunikasi tersedia untuk berbagai jenis koneksi jaringan komunikasi standar industri. Ini memungkinkan transfer data digital antara PLC dan sistem lain di dalam fasilitas.

E. HMI

Human-Machine Interface adalah platform untuk komunikasi antara manusia dan mesin, serta merupakan pendekatan untuk transmisi informasi. Namun, penting bagi manusia untuk mengenali dan memahami informasi dalam proses interaksi antara manusia dan mesin. Informasi dikenali oleh sistem persepsi manusia, yang terutama terdiri dari penglihatan, pendengaran, dan perabaan. Persepsi visual, sebagai sarana utama manusia dalam pengamatan dan pengenalan, memainkan peran paling krusial dalam interaksi antara manusia dan mesin.

Di zaman sekarang, HMI sudah mempunyai banyak fungsi selain fungsi aslinya, seperti:

1. Fungsi *gateway (IIOT)*
2. Fungsi *program PLC*
3. *Virtual Private Network*
4. *Koneksi dari mobile phone*
5. *dll*

F. SQL

Structured Query Language (SQL) suatu bahasa (language) yang digunakan untuk mengakses data di dalam sebuah database relational. SQL sering juga disebut dengan query. Sampai saat ini hampir seluruh server database atau software database mengenal dan mengerti Bahasa SQL.

Berdasarkan kutipan diatas dapat disimpulkan bahwa Structured Query Language adalah bahasa yang digunakan untuk basis data dan alat untuk melakukan proses organisasi manajemen dan pengambilan data yang tersimpan dalam sebuah database.

1. Data Definition Language (DDL)
DDL adalah sebagian dari SQL yang dipergunakan untuk mendefinisikan data dan objek database. Perintah yang tergolong DDL adalah CREATE, ALTER dan DROP.
2. DML (Data Manipulation Language)
DML adalah bagian dari SQL yang dipergunakan untuk memanipulasi data dalam tabel/record-record dari tabel. Jenis perintah yang tergolong DML adalah SELECT, INSERT, UPDATE, dan DELETE serta tambahan dari T-SQL (COMMIT dan ROLLBACK).
3. Data Control Language (DCL)
DCL adalah salah satu dari kelompok perintah SQL yang digunakan untuk melakukan kontrol terhadap privilege atau hak akses khusus untuk berinteraksi dengan database. Hak akses khusus ini diperlukan sebagai prasyarat bagi setiap user database untuk melakukan berbagai aksi di database, seperti: membuat

object, menghapus object, mengubah object, menampilkan hasil query, dan seterusnya.

III. METODE PELAKSANAAN PROYEK

Perancangan secara mekanikal, kalor yang dibutuhkan untuk pemanasan produk, desain mesin, jenis elemen heater yang akan digunakan, insulasi EBHT serta baja sebagai produk yang dipanaskan tidak akan dibahas pada jurnal ini. Proyek ini akan menjelaskan pelaksanaan pekerjaan dari sisi elektrik saja, tanpa memperhatikan kondisi fisik dari mesin tersebut.



Gambar. 5. Mesin EBHT

Langkah-langkah pelaksanaan proyek ini akan dibagi menjadi beberapa tahapan sebagai berikut:

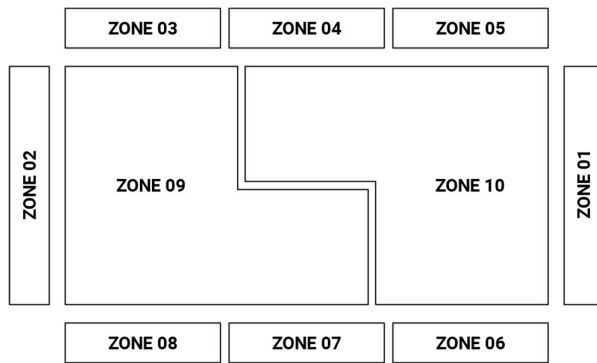
A. Perancangan Sistem Kontrol

Pada proyek ini, elemen heater pada EBHT akan dibagi menjadi 10 zona dengan total daya yang diperlukan adalah 1,3MW. Target pemanasan pada EBHT yang perlu dicapai adalah 1.100°C dengan perbedaan suhu dalam satu ruangan antar zona maksimum adalah 50°C, tujuannya adalah produk yang dihasilkan akan sesuai standard yang telah ditetapkan oleh perusahaan tersebut. Berat barang yang mau dipanaskan di dalam EBHT adalah 40ton, maka energi yang dibutuhkan oleh elemen heater untuk dapat mencapai suhu 1.100°C maka diperlukan daya sebesar 1,3MW dengan memperhitungkan heatloss pada dinding EBHT.

Pemanasan elemen akan dikontrol oleh SCR Power Regulator, maka dengan total daya 1,3MW dan 10 zona maka dapat ditentukan adalah daya yang dibutuhkan untuk setiap zona adalah 130kw, maka ditentukan setiap unit SCR Power Regulator dipilih adalah minimal sesuai daya yang diperlukan oleh zona tersebut, maka berdasarkan rumus sederhana daya maka didapatkan nilai 197A, dan untuk safety factor agar SCR Power Regulator tidak bekerja dalam keadaan full load, maka ditentukan SCR Power Regulator yang digunakan adalah 250A.

Setiap SCR Power Regulator tersebut akan mempunyai feedback berupa data temperatur yang mampu membaca suhu hingga suhu maksimal yang dipanaskan oleh EBHT. Untuk mendapatkan temperatur yang homogen dalam proyek ini, maka akan dipasang 10 buah thermocouple tipe N sesuai dengan zona masing-masing elemen heater. Konsep kontrol yang akan diterapkan adalah sistem master dan slave, dimana ada 1 zona yang merupakan bagian tengah dari ruang EBHT akan ditetapkan sebagai master, kemudian 9 zona lainnya akan ditetapkan sebagai slave. Dengan konsep master & slave maka semua target temperature akan homogen, tetapi semua pembacaan temperature akan menyesuaikan dengan PID untuk kontrol SCR Power Regulator sehingga didapatkan hasil maksimal yaitu pemanasan dengan hasil

temperatur homogen.



Gambar. 5. Pembagian zona dalam EBHT

Pemilihan thermocouple pada proyek ini yaitu tipe N dimana thermocouple tipe N dapat mengukur suhu maksimum hingga 1.260°C, dan thermocouple tipe N mempunyai ketahanan yang lebih baik terhadap oksidasi pada suhu tinggi dan umur yang lebih baik jika ada sulfur pada proses pengukurannya. Thermocouple tipe N menggunakan model ceramic sesuai dengan design awal dari mesin EBHT tersebut.

Proyek ini menggunakan sistem kontrol PLC dengan merk Omron dan HMI merk Weintek sesuai permintaan customer. PLC yang digunakan tentunya harus dapat memenuhi semua kebutuhan input maupun output untuk kebutuhan proyek ini. Kontrol PID akan dikontrol oleh PLC langsung ke SCR Power Regulator dan pembacaan thermocouple tipe N akan langsung dibaca oleh PLC.

HMI bermerk Weintek yang dipilih adalah HMI dengan ukuran 15” dilengkapi dengan berbagai fitur untuk menunjang berjalannya proyek ini. HMI juga akan menjadi jembatan antara data yang didapat dari PLC dan sebagai pengirim data ke database berbasis SQL. Data akan disinkronkan setiap beberapa menit dengan tujuan tidak ada data yang terkirim meskipun ada masalah koneksi selama HMI dalam kondisi hidup dan terkoneksi dengan baik ke PLC dan PLC masih terkoneksi dengan data dari input dan output dengan baik. Data-data yang dikirimkan adalah sebagai berikut:

1. Batch ID
2. Heating Method: Annealing dan Tempering
3. PV setiap Zona
4. SV (sesuai dengan resep pola operasi yang akan dipilih oleh user)



Gambar. 5. Arsitektur Sistem

B. Data Logging dan Web Application

Penulis membagi data yang ada di SQL dengan sebuah table per mesin, dengan tujuan dimana jika ada penambahan

mesin yang perlu perekaman data secara SQL akan mudah diidentifikasi ke depannya. Komputer server disediakan oleh pihak user dimana menggunakan server mereka yang tersedia saat ini.

Web Application dibuat untuk menjembatani database pada SQL ke user untuk menampilkan data-data di tampilan layar komputer kita dan bisa diakses dimanapun. Saat ini alamat website tersebut hanya sebatas berada pada jaringan lokal PT. X.

IV. HASIL DAN ANALISIS

Pada proyek ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kontrol PID pada PLC dapat mengontrol SCR Power Regulator dengan hasil yang lumayan, tetapi belum maksimal, diperlukan waktu untuk setting hasil terbaik PID agar didapatkan hasil lebih optimal. Saat ini untuk menghasilkan grafik diperlukan waktu tambahan agar dapat disimpulkan kontrol PID dengan nilai berapa yang bisa menghasilkan grafik pembakaran terbaik.
2. Panel ini didesain untuk 2 set kontrol mesin EBHT, maka pada gambar di atas terdapat PLC dan HMI beserta komponennya, tetapi untuk panel daya untuk elemen heater akan berada terpisah dari panel kontrol karena alasan ruangan existing seperti pada gambar



Gambar. 6. Panel Kontrol

3. HMI sebagai pengganti tampilan temperature kontrol juga memberikan kemudahan bagi operator di lapangan, Operator hanya cukup melihat nilai PV dan SV pada satu halaman saja, sehingga memudahkan operator dalam pengambilan keputusan.



Gambar. 6. Contoh Tampilan halaman utama HMI

4. Penggunaan SCR Power Regulator memberikan hasil pemakaian daya yang lebih efisien dibandingkan dengan kontaktor seperti pada tabel dibawah ini, dengan catatan data dibawah diambil menggunakan

mesin EBHT yang berbeda, maka data dibawah akan valid jika diasumsikan insulasi, elemen heater mempunyai kondisi yang sama.

Tabel. II. Perbandingan hasil pemakaian daya

No.	Method Heating	Pemakaian Daya (kwh)		Efisiensi
		SCR Power Regulator	Kontaktor	
1	Hardening	14,040	16,426	14.5%
2	Tempering	9,937	11,129	10.7%
3	Hardening	12,350	14,380	14.1%

Pada tabel di atas dicoba menggunakan 3 cycle pemanasan pada PT. X dan didapatkan hasil pemanasan menggunakan SCR Power Regulator lebih hemat dalam hal pemakaian daya listrik, tetapi diperlukan data tambahan untuk mendapatkan hasil lebih akurat.

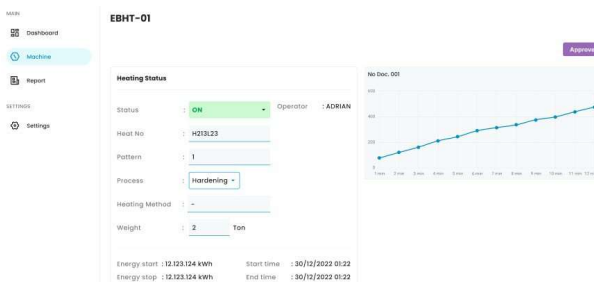
- Hasil logging menggunakan HMI ke SQL yang berada di server komputer, dimana jaringan yang terpasang menggunakan fiber optic menunjukkan hasil optimal dimana tidak ada loss data pada server, dimana didukung oleh HMI juga mempunyai fitur synchronize. Beberapa kontrol krusial pada panel kontrol ditambahkan UPS untuk menjaga HMI dan PLC dapat bertahan sementara waktu jika terjadi blackout.
- Pada bagian Web Application didapatkan hasil record dari HMI menggunakan database SQL ke server hasilnya cukup baik dimana fitur synchronize dari HMI bekerja sangat baik, sehingga didapatkan data yang dikirimkan berkala diterima dengan sangat baik

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis memberikan apresiasi dan terima kasih kepada dosen-dosen PPI di Universitas Kristen Petra yang sudah memberikan pengajaran dan masukan yang baik untuk proses penulisan jurnal ini dan proses pengembangan profesi insinyur, Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada orang tua, saudara, rekan-rekan sesama pejuang PPI Universitas Kristen Petra Surabaya yang telah mendukung penulisan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- J. Melton. (1993). Understanding the new SQL: a complete guide. [Online] Tersedia: <https://books.google.co.id/>.
- Reza Ezuan Samin, Lee Ming Jie, Mohd. Anwar Zawawi. (Juni, 2011). PID Implementation of Heating Tank in Mini Automation Plant Using Programmable Logic. International Conference on Electrical, Control and Computer Engineering. [Online] hal 1-5
- (1998-2023) tc website [Online] Tersedia: <https://www.tc.co.uk/thermocouples/type-n-thermocouple.html>
- Malini, 2K. Priyadharshini, 3R. Priyanka, 4S. Swetha, 5P.Yasmita. (Juni, 2022). SCR Power Kontrol for Resistance Heating System. International Research Journal of Education and Technology. [Online] hal 1-4
- DR. NOEL A. BURLEY. (1989). Nicrosil/Nisil Type N Thermocouples. it.omega.com



Gambar. 7. Contoh salah satu halaman pada Web Application

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil laporan pekerjaan kami bersama user, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Konsumsi daya lebih rendah pada panel dengan kontrol elemen heater berbasis SCR Power Regulator dibandingkan dengan sistem kontaktor
- PLC berhasil menggantikan fungsi dari temperature kontrol dengan fungsi PID dalam mengontrol SCR Power Regulator
- Data Logging dalam bentuk SQL berhasil menggantikan fungsi paper recorder
- User lebih mudah dalam pengoperasian dengan sistem baru sebab tampilan temperature kontrol dikumpulkan dalam satu halaman pada HMI.