

**RANCANG BANGUN PANEL KONTROL  
SISTEM MANUAL DAN OTOMATIS  
OVEN PENDING LISTRIK INDUSTRI 24 kW**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar S1 pada  
Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun oleh :**

**MAULANA ADI CHANDRA PRATAMA PUTRA**

**NIM : 30601501724**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
SEMARANG**

**2022**

**CONTROL PANEL DESIGN  
MANUAL AND AUTOMATIC SYSTEM  
INDUSTRIAL ELECTRIC DRYER OVEN 24 kW**

**FINAL PROJECT**

**As one of the requirements for obtaining an undergraduate degree in  
Electrical Engineering Study Program  
Sultan Agung Islamic University**



**Arranged by :**

**MAULANA ADI CHANDRA PRATAMA PUTRA**

**NIM : 30601501724**

**ELECTRICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
INDUSTRIAL TECHNOLOGY FACULTY  
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY**

**SEMARANG**

**2022**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maulana Adi Chandra Pratama Putra  
NIM : 30601501724  
Jurusan : Teknik Elektro  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang diajukan dengan judul “**Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW**” adalah hasil karya sendiri, tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi lain maupun itulis dan diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam daftar pustaka. Tugas Akhir ini adalah tanggung jawab saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab

Semarang, September 2022

UNISSULA  
جامعة سلطان أبجوع الإسلامية  
Yang menyatakan,



1000  
METARAI  
TEMPEL  
A39AJX969483173

Maulana Adi Chandra Pratama Putra

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW**” ini disusun oleh:

Nama : Maulana Adi Chandra Pratama Putra  
NIM : 30601501724  
Program Studi : Teknik Elektro

Telah disahkan dan disetujui oleh dosen pembimbing pada:

Hari : Jumat  
Tanggal : 9 September 2022

Pembimbing I



Gunawan, ST., M.T.  
NIDN : 0607117101

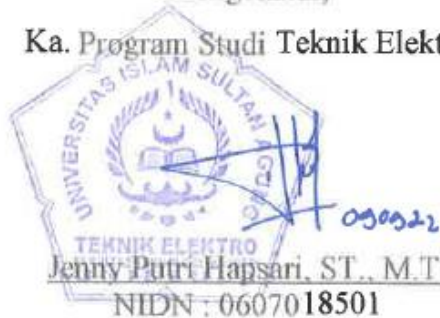
Pembimbing II



Agus Suprajitno, ST., M.T.  
NIDN : 0602047301

Mengetahui,

Ka. Program Studi Teknik Elektro



Jenny Putri Hapsari, ST., M.T.  
NIDN : 0607018501

## LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “**Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW**” ini telah dipertahankan di depan Penguji sidang Tugas Akhir pada:

Hari : Jumat

Tanggal : 9 September 2022

**Tim Penguji**

**Tanda Tangan**

Muhammad Khosyfin, S.T., M.T.

NIDN : 0625077901

Ketua

Dedi Nugroho, S.T., M.T.

NIDN : 0617126602

Penguji I

Ir. Ida Widiastuti, M.T.

NIDN : 0005036501

Penguji II

9/9/22  
  
  


## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Maulana Adi Chanadra Pratama Putra

NIM : 30601501724

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Dengan ini menyerahkan karya ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW”** dalam bentuk laporan penuh, dan menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dalam pangkalan data, dan dipublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis selama tetap mencantumkan nama penulis sebagai pemilik Hak Cipta.

Pernyataan ini saya buat dengan keadaan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/ Plagiatisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan pihak Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, September 2022

Yang menyatakan,



Maulana Adi Chandra Pratama Putra

## MOTTO

1. “Bacalah dengan (menyebut) nama Tuhanmu Yang Menciptakan. Dia telah menciptakan manusia dari segumpal darah. Bacalah, dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah, Yang mengajar (manusia) dengan perantaraan qalam. Dia mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya” (QS. Al Alaq Ayat 1-5).
2. “Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti berperang dijalan Allah hingga pulang” (H.R.Tirmidzi).
3. “Saya meminta kekuatan, dan Allah memberi saya kesulitan untuk membuat saya kuat” (Salahuddin Al Ayyubi).
4. “Keberhasilan terbesar kita bukanlah karena tidak pernah gagal, tetapi bagaimana kita bangkit setiap kali kita mengalami kegagalan.” (Kong Qiu).
5. “Bermimpilah seakan kau akan hidup selamanya. Hiduplah seakan kau akan mati hari ini” (James Dean).
6. "Satu ons dari latihan jauh lebih berharga daripada satu ton dari berbicara panjang lebar" (Mahatma Gandhi).
7. “Saya selalu melakukan hal-hal yang tidak bisa saya lakukan. Begitulah cara saya melakukannya” (Pablo Picasso).

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengereng Listrik Industri 24 kW”** dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu penulis akan menyampaikan ucapan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., M.Hum selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang
2. Ibu Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri UNISSULA.
3. Ibu Jenny Putri Hapsari, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Gunawan, ST., M.T. selaku pembimbing 1 dalam Tugas Akhir ini.
5. Bapak Agus Suprajitno, ST., M.T. selaku pembimbing 2 dalam Tugas Akhir ini.
6. Orang tua dan saudara yang telah memberikan dorongan moral dan doa serta bantuan material yang tak ternilai.
7. Teman-teman dan semua pihak yang telah memberi bantuan dan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan baik isi maupun tata bahasa dalam laporan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran dari pembaca sebagai masukan untuk penyempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan bagi penulis sendiri khususnya.

Semarang, September 2022

Maulana Adi Chandra Pratama Putra



## DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
MOTTO.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Landasan Teori.....	6
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	24
3.2 Metode Penelitian.....	24

3.3	Objek Penelitian.....	24
3.4	Instrumen Penelitian .....	26
3.5	Langkah - langkah Perancangan .....	27
3.6	Perakitan Panel Kontrol .....	44
3.7	Pemasangan Panel Kontrol Oven .....	48
3.8	Kriteria Pengujian Alat .....	50
BAB IV	HASIL DAN PENGUJIAN .....	51
4.1	Hasil Rancang Bangun.....	51
4.2	Pengujian Panel Kontrol Oven Pemanas .....	52
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN .....	69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran .....	70
DAFTAR PUSTAKA	.....	71
LAMPIRAN		



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Oven Listrik.....	7
Gambar 2.2 Cara Kerja Oven Listrik.....	7
Gambar 2.3 Diagram Umum Sistem Kontrol.....	9
Gambar 2.4 Kotak Panel.....	10
Gambar 2.5 Fuse.....	10
Gambar 2.6 MCB.....	11
Gambar 2.7 Rele dan simbol Rele.....	11
Gambar 2.8 Rele berdasarkan jumlah kutub dan lemparan.....	12
Gambar 2.9 Bentuk rele tunda waktu.....	13
Gambar 2.10 Simbol rele tunda waktu.....	13
Gambar 2.11 Keterangan Kaki TDR.....	16
Gambar 2.12 <i>Magnetic Contactor</i> .....	17
Gambar 2.13 Bentuk Fisik Saklar Tekan.....	17
Gambar 2.14 <i>Push Button</i> NO.....	18
Gambar 2.15 <i>Push Button</i> NC.....	18
Gambar 2.16 Bentuk Fisik <i>Selector Switch</i> .....	19
Gambar 2.17 Bentuk Fisik Trafo Arus.....	19
Gambar 2.18 Bentuk fisik Alat Ukur Amperemeter.....	20
Gambar 2.19 Bentuk <i>Thermocontrol</i> Digital.....	21
Gambar 2.20 Bentuk Fisik <i>Thermocouple</i> Tipe K.....	22
Gambar 3.1 Konstruksi Ruang Oven.....	25
Gambar 3.2 Rak dan Nampan Oven.....	26
Gambar 3.3 Ruang Oven.....	26
Gambar 3.4 Hasil Perhitungan Arus Beban Penuh.....	30
Gambar 3.5 Hasil Perhitungan Nilai KHA.....	31
Gambar 3.6 <i>Wiring Diagram</i> Rangkaian Kontrol Oven Pengering.....	34
Gambar 3.7 Katalog Dimensi dan Karakteristik MCCB Chint.....	41
Gambar 3.8 Desain Pintu Panel Kontrol.....	42
Gambar 3.9 Desain Panel Bagian Dalam.....	43

Gambar 3.10 Desain Panel Bagian Dalam Samping.....	44
Gambar 3.11 Bahan Box Panel polos .....	45
Gambar 3.12 Pengukuran dan Pemberian Garis Bantu Pintu Panel .....	45
Gambar 3.13 Pelubangan Pintu Panel.....	46
Gambar 3.14 Pemotongan Plat Pintu Panel dengan Gerinda.....	46
Gambar 3.15 Pengerjaan Layout Papan Panel .....	46
Gambar 3.16 Pemasangan Komponen dan <i>Wiring</i> Panel .....	47
Gambar 3.17 Proses Pengecekan Koneksi Dan Sambungan Antar Komponen Panel.....	48
Gambar 3.18 Penambahan struktur penyangga panel kontrol .....	48
Gambar 3.19 Motor Blower Terhubung dengan Rangkaian Panel.....	49
Gambar 3.20 Pengecekan Akhir Sambungan Kabel Elemen Pemanas dan Motor Blower.....	49
Gambar 3.21 Rangkaian Keseluruhan Oven Pemanas dan Blower dan Sensor ...	49
Gambar 4.1 Panel Kontrol Tampak Luar.....	51
Gambar 4.2 Panel Kontrol Tampak Dalam.....	51
Gambar 4.3 Panel Teraliri Tegangan .....	53
Gambar 4.4 Pengujian Panel Mode Otomatis Suhu di bawah Batas Setelan.....	57
Gambar 4.5 Pengujian Panel Mode Otomatis Suhu Setelan Tercapai .....	57
Gambar 4.6 Sirine Menyala Saat Timer Selesai Menghitung Batas Waktu Operasi .....	57
Gambar 4.7 Pengujian Kontrol On Manual .....	62
Gambar 4.8 Pengujian Kontrol Off Manual.....	62
Gambar 4.9 Titik Uji Simulasi Trip Dan Reset .....	63
Gambar 4.10 Pengoperasian Emergency Button .....	64
Gambar 4.11 Proses Pemuatan Bahan Baku Pada Rak Oven Untuk Pengujian Produksi .....	66
Gambar 4.12 Suhu Pengaturan Suhu Uji Produksi .....	67
Gambar 4.13 Hasil Sisik Kering .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pembagian Beban Listrik .....	26
Tabel 3.2 Tabel KHA dan proteksi PUIL 2011 .....	32
Tabel 3.3 Nilai Faktor Koreksi untuk KHA PUIL 2011 .....	33
Tabel 3.4 Bahan-bahan Panel Kontrol .....	37
Tabel 4.1 Hasil Percobaan 1 Pengujian Tegangan Dan Arus Input .....	52
Tabel 4.2 Hasil Percobaan 2 Pengujian Tegangan Dan Arus Input .....	53
Tabel 4.3 Hasil Percobaan 3 Pengujian Tegangan Dan Arus Input .....	53
Tabel 4.4 Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Otomatis .....	54
Tabel 4.5 Hasil Pengujian 1 Kerja Thermocontrol Terhadap Perubahan Suhu ....	54
Tabel 4.6 Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Otomatis .....	55
Tabel 4.7 Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Otomatis .....	55
Tabel 4.8 Hasil Pengujian 2 Kerja Thermocontrol Terhadap Perubahan Suhu ....	55
Tabel 4.9 Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Otomatis .....	55
Tabel 4.10 Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Otomatis .....	55
Tabel 4.11 Hasil Pengujian 3 Kerja Thermocontrol Terhadap Perubahan Suhu ..	55
Tabel 4.12 Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Otomatis .....	56
Tabel 4.13 Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Blower Dan Heater .....	59
Tabel 4.14 Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Reset dan Auto On .....	59
Tabel 4.15 Hasil Pengujian 1 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun ( <i>breakdown</i> ) .....	59

Tabel 4.16 Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual.....	59
Tabel 4.17 Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Blower Dan Heater .....	59
Tabel 4.18 Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Reset dan Auto On.....	59
Tabel 4.19 Hasil Pengujian 2 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun ( <i>breakdown</i> ) .....	60
Tabel 4.20 Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual.....	60
Tabel 4.21 Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Blower Dan Heater .....	60
Tabel 4.22 Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Reset dan Auto On.....	60
Tabel 4.23 Hasil Pengujian 3 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun ( <i>breakdown</i> ) .....	60
Tabel 4.24 Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual.....	60
Tabel 4.25 Hasil Pengujian 1 Proteksi dan Emergency Stop.....	64
Tabel 4.26 Hasil Pengujian 2 Proteksi dan Emergency Stop.....	65
Tabel 4.27 Hasil Pengujian 3 Proteksi dan Emergency Stop.....	65
Tabel 4.28 Hasil pengujian pengeringan.....	67

## ABSTRAK

Sebuah perusahaan pengolahan sisik ikan yang berada di daerah Kacangan, Boyolali masih mengandalkan cara pengeringan tradisional dengan penjemuran bahan produksinya dibawah sinar matahari yang seringkali terganggu proses produksinya akibat cuaca mendung dan hujan serta terbatasnya waktu produksi yang hanya bisa dilakukan pada pagi sampai sore hari. Perusahaan melakukan pembaharuan dan pengadaan alat berupa pembuatan oven pengering listrik. Pembaharuan tersebut menghasilkan sebuah ruangan oven listrik dengan sistem elemen kawat pemanas dan sirkulasi udara menggunakan motor blower 3 fase 380 Volt daya total sebesar 24kW yang dikerjakan oleh kontraktor utama serta panel kontrol oven manual dan otomatis yang dibuat pada penelitian ini. Dari penelitian rancang bangun yang telah dilakukan didapat hasil berupa nilai perhitungan KHA arus beban penuh dari Oven Pengering ini didapatkan sebesar 48,033 Ampere sebagai acuan. Panel kontrol oven pengering dilengkapi dengan pengatur suhu berupa Thermocontrol dengan tipe TCN24-24R dan pengatur kerja oven timer DH48S serta sistem interlock pada mode manual agar keamanan pada sistem kontrol tetap terjamin. Pengujian panel dilakukan dengan dua tahap yaitu kondisi tanpa beban dan uji produksi hasil pengujian oven dan sistem pengontrolan bekerja dengan baik seperti rancangan yang dibuat dan dapat digunakan untuk proses pengeringan bahan produksi.

**Kata kunci :** Perancangan, Panel Kontrol, Manual dan Otomatis, Oven pengering, proteksi.



## ABSTRACT

*Fish scale processing company located in the Kacangan, Boyolali relies on the traditional drying method by drying its production materials under the sun which is often disrupted by the production process due to cloudy and rainy weather and limited production time which can only be done from morning to evening. The company procures tools in the form of making electric drying ovens. The update resulted in an electric oven room with a heating wire element system and air circulation using a 3 phase 380 Volt blower motor with a total power of 24kW which was carried out by the main contractor as well as manual and automatic oven control panels made in this study. From the design research that has been carried out, the results in the form of the calculation value of the full load current KHA from the Drying Oven are obtained at 48.033 Ampere as a reference. Equipped with a temperature control in the form of a Thermocontrol with the TCN24-24R type and a DH48S oven timer work regulator and an interlock system in manual mode so safety of the control system is guaranteed. Testing is carried out in two stages, namely the no-load condition and the production test results from the oven test and the control system works well as the design is made and can be used for the drying process of production materials.*

**Keywords:** Design, Control Panel, Manual and Automatic, Drying oven, protection.





# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang industri mengalami kemajuan yang sangat pesat. Oleh karena itu, perlu dipikirkan bagaimana meningkatkan kualitas dan kuantitas produk juga menekan biaya produksi. Suatu perusahaan di bidang industri diharapkan dapat bertahan dan berkembang agar dapat melanjutkan kelangsungannya. Persaingan yang semakin ketat di dunia industri menuntut semua pekerjaan menjadi lebih cepat dan tepat. Penggunaan sistem kendali otomatis dalam dunia industri saat ini merupakan kebutuhan yang sangat penting untuk menjaga agar proses produksi tetap berjalan sesuai rencana. Dengan tidak adanya gangguan selama proses produksi, hasil yang diperoleh akan menghasilkan produk yang berkualitas tinggi, perkembangan teknik pengendalian telah merambah dari peralatan industri yang kompleks dari peralatan militer hingga peralatan rumah tangga. Sistem kontrol dapat meringankan operator atau pekerja salah satunya pada proses mengeringkan bahan baku industri menggunakan oven pemanas yang dapat mendukung secara terus menerus selama proses untuk mencapai tujuan produksi.

Sebuah pabrik pengolahan sisik ikan yang berada di kota Boyolali membutuhkan oven pemanas pengering sisik ikan sebagai bahan setengah jadi untuk ekspor atau diekstrak kembali kandungan kimianya oleh industri lain. Sisik tersebut sebelumnya dicuci agar tidak ada partikel asing dalam bahan kemudian dikeringkan dengan suhu panas jemur sinar matahari atau dalam oven yang diletakkan diatas nampan / tray yang disusun di rak-rak didalam oven dengan suhu ruang oven sekitar 40°C – 70°C dan tingkat waktu pengeringan disesuaikan oleh laborat untuk pengujian tingkat kelembaban dan quality control.

Akibat dari proses yang rumit dalam pengolahan sisik ikan tersebut dibutuhkan sebuah oven dengan bahan anti karat dan juga anti panas serta sistem pengeringan dengan suhu dan waktu yang dapat disesuaikan oleh operator berdasarkan uji laborat laborat. Dengan adanya oven pengering proses produksi

tidak hanya bergantung pada sinar matahari dan dapat dilakukan proses produksi pada malam hari atau cuaca yang tidak mendukung. Pada konstruksi ruang bangunan oven, komponen pemanas, kebutuhan daya, dan sirkulasi udara telah dibuat oleh kontraktor utama namun belum terdapat panel untuk pengontrolannya. Ruang oven ini memiliki dimensi ruangan panjang 6 meter x lebar 6 meter x tinggi 3 meter membutuhkan daya total 24kW sumber listrik 3 phase PLN 220 V / 380 V menggunakan 2 set elemen pemanas dengan masing masing daya 11000 Watt agar steril dan untuk menghindari polutan apabila menggunakan pembakaran gas atau kayu. dilengkapi 2 buah Centrifugal blower dengan daya motor 1100 watt sebagai sirkulasi udara ruang oven. Sedangkan untuk sistem panel kontrol, kontraktor utama menghendaki agar operasi dari oven dapat dilakukan secara otomatis dan manual dengan pengatur suhu agar dapat disesuaikan dengan bahan yang dikeringkan, timer dan alarm untuk penanda waktu selesai produksi pada oven tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut peneliti mengambil langkah untuk memeneuhi kebutuhan dari belum adanya Panel kontrol Oven kontraktor tersebut dan juga digunakan untuk menyusun penelitian ini dengan judul “Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW”

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah di uraikan di atas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja sistem panel kontrol manual dan otomatis pada oven pengering listrik industri ?
2. Bagaimana runtutan dan poin yang perlu diperhatikan dalam merancang dan membuat panel kontrol sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri?
3. Bagaimana cara menentukan hasil rancang bangun panel kontrol sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri agar dinyatakan berhasil dan layak operasi untuk proses produksi ?

### **1.3 Batasan Masalah**

Pada penulisan laporan akhir ini hanya menitik beratkan pada :

1. Perancangan (desain) panel kontrol.
2. Pembuatan dan pengaplikasian panel kontrol pada oven pengering.
3. Pengujian kerja oven pengering.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penulisan laporan akhir ini, sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara perancangan panel kontrol agar sesuai dengan kebutuhan khususnya di bidang industri.
2. Mengetahui kebutuhan apa saja yang digunakan dalam perancangan panel kontrol.
3. Mengetahui cara kerja sistem kontrol oven secara otomatis ataupun manual.
4. Mampu membuat panel kontrol yang dapat diaplikasikan secara langsung di industri.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini diharapkan menjadi bahan pengembangan secara ilmu serta skill serta mendorong jiwa wirausaha masyarakat umum terutama dalam bidang kelistrikan dalam pembuatan panel kontrol. Dengan hasil penelitian ini pembaca dapat memahami tentang perancangan dan pembuatan panel kontrol pada oven listrik industri sistem otomatis dan manual. Serta hasil dari penelitian ini diharapkan berguna untuk mempermudah dalam proses produksi, meningkatkan kualitas, dan kuantitas hasil produksi perusahaan bersangkutan.

## **1.6 Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

Dalam penulisan tugas akhir menggunakan sistematika untuk memperjelas pemahaman terhadap materi yang dijadikan objek pelaksanaan tugas akhir. Adapun sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB I: PENDAHULUAN**

Pada bab ini terdapat beberapa sub-bab meliputi latar belakang masalah, persamaan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan metode penulisan tugas akhir.

### **BAB II: TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Bab ini berisi dasar-dasar teori untuk rancang bangun dari panel kontrol oven listrik menurut standar proteksi dan instalasi yang telah ditentukan.

### **BAB III: METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas metode penelitian yang digunakan yaitu metode R&D (Research And Development) dalam pembuatan panel kontrol sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri dan penjelasan langkah – langkah perancangan dan proses pembuatan dalam penelitian serta acuan dalam pengujian alat nantinya.

### **BAB IV: HASIL DAN ANALISA**

Bab ini menjelaskan hasil pembuatan alat serta analisa dari pengujian yang bertujuan untuk mengetahui alat yang dibuat berhasil sesuai dengan desain spesifikasi perancangan peralatan yang diinginkan..

### **BAB V: KESIMPULAN**

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan pembahasan tugas akhir.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk mendukung penelitian ini, berikut dikemukakan beberapa hasil penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini.

Berdasarkan penelitian Sopyan Saputro. *Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta* yang berjudul “Rancangan Bangun Pembuatan Alat Panel Listrik Ats (*Automatic Transfer Switch*) – Amf (*Automatic Main Failure*)” telah membahas tentang rancang bangun panel kontrol *transfer switch* suplai listrik dari PLN ke Generator atau sebaliknya apabila ada gangguan pada sumber listrik PLN dan generator sebagai *backup* / cadangan suplai listriknya. Panel tersebut dapat dioperasikan secara manual dan otomatis dimana pada saat kondisi manual perpindahan suplai listrik dilakukan dengan menekan tombol on atau off suplai PLN atau Generator pada pintu panel oleh operator. Sedangkan pada saat otomatis perpindahan suplai listrik tidak memerlukan operator secara penuh, hanya saat tertentu seperti menekan memilih posisi *selector switch* ke posisi otomatis dan tombol on dan saat kondisi normal suplai PLN akan terhubung dan ketika terjadi pemadaman / mati listrik pada sisi PLN maka secara otomatis sistem kontrol akan bekerja menghidupkan Generator sebagai suplai tenaga cadangan [1].

Berdasarkan penelitian Rian Suma Pratama. *Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan* yang Berjudul “Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Roll Sheet Metal Untuk Pembuatan Genteng Model Bergelombang” telah membahas tentang panel kontrol motor untuk produksi roll plat metal dimana panel kontrol tersebut mengatur putaran motor 3 fasa agar dapat berputar secara *forward* ataupun *reverse* dengan sistem mekanik dan *press* metal sedemikian rupa agar sesuai dengan bentuk plat yang dibutuhkan. Sistem kontrol tersebut juga menggunakan sensor berupa limit switch untuk penanda titik tertentu ataupun *counter* / penghitung [2].

Berdasarkan penelitian Nurjan Didik Purwanto, Puji Wiyono, Andika Wahyu P. *Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Lampung* yang berjudul “Kontrol Suhu Otomatis Oven Vulkanisasi Konvensional Di Laboratorium Unit Produksi Serabut Kelapa Berkaret” telah membahas tentang panel kontrol oven yaitu “Oven Vulkanisasi”, yang mulanya masih konvensional sehingga pada saat operasional, pengontrol suhunya masih memerlukan tenaga manusia untuk memantaunya, dengan cara mengurangi volume bahan bakar bio massanya di ruang tungku pembakaran. Ketika kondisi suhu di ruang oven vulkanisasi tinggi, dan jika kondisi ini berkelanjutan maka berpotensi menimbulkan bahaya kebakaran, hasil penelitian menjadikan sistem tersebut otomatis dengan memadukan pengatur suhu, motor listrik, kipas/blower dan indicator sirine sebagai peringatan. Hidup dan matinya kipas pendorong udara panas tergantung pada batas setting suhu pada kontrol suhu, sistem pengontrolan pada panel suhu dengan sistem interlock jika suhu dalam ruang oven tercapai maka kipas akan mati dan sirine langsung hidup, sistem akan bekerja secara otomatis meskipun operator tidak ada ditempat [3].

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Pengertian Oven**

Oven adalah alat yang berupa ruangan yang terisolasi untuk memanaskan, memanggang dan mengeringkan. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) oven diartikan sebagai tempat pembakaran (pemanggangan) kue atau roti [4]. Sejarah oven telah lama mengikuti perkembangan manusia, oven paling awal ditemukan di Eropa Tengah pada 29.000 SM. Oven yang digunakan pada masa itu masih berbentuk lubang untuk memanggang. Oven konvensional pada umumnya menggunakan sistem pemanasan berupa pembakaran dari kayu ataupun bahan bakar gas atau minyak bumi. Sistem pengaturan panas yang ada pada oven konvensional menggunakan metode mekanikal manual berupa katub pengatur debit bahan bakar (gas) dan bahkan untuk oven kayu hanya berpatok pada kayu yang dibakar yang kurang konsisten jumlahnya serta pembacaan tingkat suhu panas menggunakan thermometer analog jarum penunjuk suhu panas

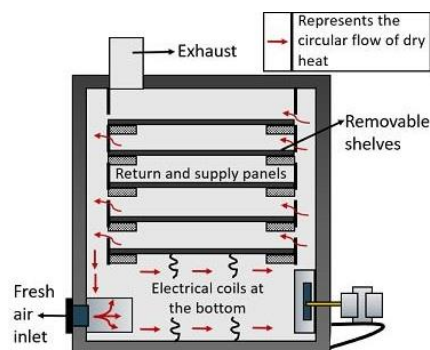
yang terhubung dengan logam bimetal yang bekerja apabila terjadi perubahan suhu permukaannya.

### 2.2.2 Sistem Kerja Oven Listrik

Oven pengering listrik berkerja berdasarkan prinsip pengubahan energi listrik menjadi energi panas melalui kumparan kawat logam pemanas (*Coil Heater*) komponen pemanas tersebut terletak didalam sebuah ruangan tertutup dengan isolasi penahan panas disekelilingnya agar panas didalam ruangan tidak terbang ke lingkungan luar sekitar yang tidak diperlukan. Untuk memaksimalkan pemanasan dan pemerataan suhu agar seragam dalam sebuah ruangan oven pemasangan kipas (*Blower*) diperlukan, desain ruangan dibuat sedemikian rupa agar aliran udara masuk, udara kontak dengan bahan dan udara buang memiliki alur yang sesuai.



Gambar 2.1 Bentuk Oven Listrik



Gambar 2.2 Cara Kerja Oven Listrik

### 2.2.3 Panel Listrik

Panel Listrik adalah suatu alat yang berfungsi untuk membagi, mendistribusikan, dan menyalurkan energi listrik dari sumber/pusat listrik ke konsumen/pengguna. Panel listrik memiliki peran dan fungsi yang sangat penting karena berfungsi untuk menjaga keselamatan jika terjadi gangguan aliran listrik yang disengaja atau tidak disengaja, juga berguna sebagai pengendali atau kontrol dalam sistem tenaga listrik [5].

Fungsi panel dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam yaitu :

1. Penghubung

Panel digunakan untuk menghubungkan satu rangkaian ke rangkaian lainnya dalam suatu operasi. Panel menghubungkan catu daya listrik dari panel utama ke beban, baik instalasi penerangan maupun instalasi listrik.

2. Pengaman

Panel secara otomatis mematikan sumber atau suplai daya ketika terjadi gangguan pada sirkuit. Komponen pengaman panel ini adalah MCCB dan MCB.

3. Pembagi

Panel dapat digunakan untuk membagi kelompok beban sistem penerangan ataupun sistem tegangan. Panel dapat memisahkan atau membagi catu daya listrik berdasarkan jumlah beban dan jumlah ruangan yang menjadi pusat beban. Pembagian tersebut dibagi menjadi beberapa kelompok beban, dan juga dibagi menjadi fase R, fase S, fase T agar memiliki beban yang seimbang antar fase.

4. Penyuplai

Panel menyalurkan arus listrik dari sumber ke beban. Panel bertindak sebagai pemasok dan mendistribusikan energi listrik dari panel utama dan panel cabang ke pusat beban untuk instalasi penerangan dan instalasi listrik.

5. Pengontrol

Fungsi panel sebagai pengontrol adalah fungsi yang paling penting, karena setiap rangkaian beban dapat dikontrol dari panel. Semua beban pada bangunan baik sistem penerangan maupun sistem tenaga, dapat dikendalikan dari satu tempat [6].



#### 2.2.4 Sistem Kontrol

Secara umum sistem kontrol / sistem kendali dapat diartikan sebagai suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, mengarahkan, dan mengatur keadaan suatu sistem. Ada banyak contoh lain dalam industri / instrumentasi dan dalam kehidupan kita sehari-hari di mana sistem ini digunakan. Sistem kendali adalah kumpulan cara atau metode yang dipelajari dari kebiasaan kerja manusia dimana manusia membutuhkan suatu alat untuk mengamati kualitas pekerjaannya hingga menunjukkan karakteristik yang diharapkan. Gambar 2.1 menunjukkan diagram umum sistem kontrol [7].



Gambar 2.3 Diagram Umum Sistem Kontrol

#### 2.2.5 Klasifikasi Sistem Kontrol

Secara umum, sistem kontrol dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sistem kendali manual adalah pengendalian yang dilakukan oleh manusia yang bertindak sebagai operator baik dalam hal mengamati pengolahan data masukan maupun pergerakan perangkat keluaran.
2. Sistem kendali otomatis adalah suatu kendali yang dilakukan secara otomatis yang berfungsi secara otomatis dan pengoperasiannya berada di bawah pengawasan manusia, baik dalam hal pengamatan pengolahan data masukan maupun pergerakan perangkat keluaran.

#### 2.2.6 Komponen Panel Listrik

Komponen yang digunakan dalam konstruksi panel listrik terdiri dari:

1. Kotak Panel

Komponen panel pertama adalah kotak panel. Kegunaan kotak panel adalah untuk menempatkan semua alat yang digunakan di jaringan listrik. Beberapa kotak panel disertai dengan perlindungan terhadap air (IP) dan

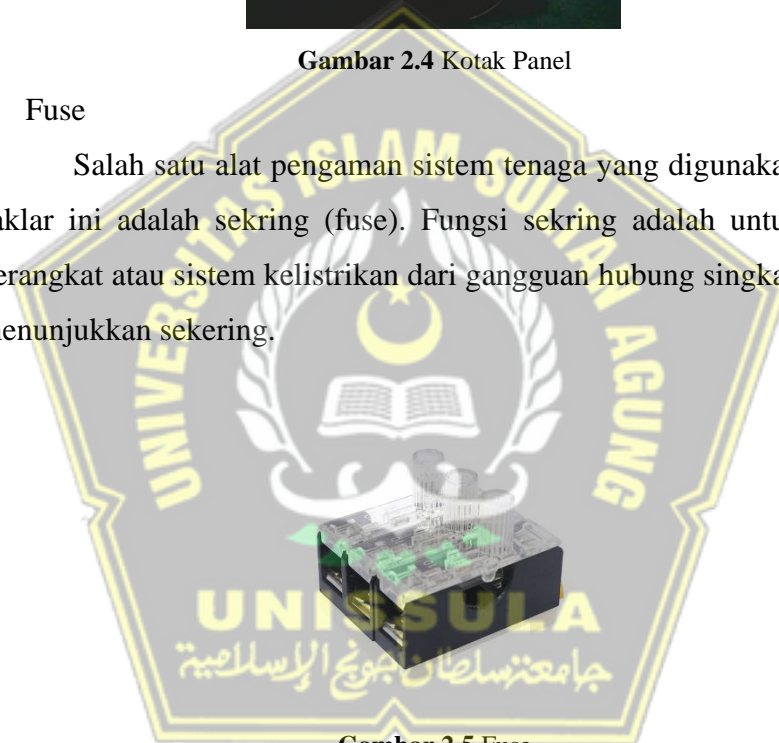
debu. Sebagai aturan, di dalam kotak ada perlindungan tertulis dari kekuatan mekanik bahan (IK). Gambar 2.2 menunjukkan gambar kotak panel.



Gambar 2.4 Kotak Panel

## 2. Fuse

Salah satu alat pengaman sistem tenaga yang digunakan pada lemari saklar ini adalah sekering (fuse). Fungsi sekering adalah untuk melindungi perangkat atau sistem kelistrikan dari gangguan hubung singkat. Gambar 2.3 menunjukkan sekering.



Gambar 2.5 Fuse

## 3. Miniature Circuit breaker (MCB)

MCB adalah singkatan dari Miniatur Circuit Breaker. Biasanya MCB digunakan untuk membatasi arus, dan keselamatan dalam instalasi listrik. MCB berfungsi sebagai proteksi hubung singkat (short circuit) dan juga berfungsi sebagai proteksi beban lebih. MCB secara otomatis langsung memutus arus jika arus yang melaluinya melebihi arus nominal yang ditentukan pada MCB. Arus pengenal yang termasuk dalam MCB adalah

1A, 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A, 25A, 32A dan seterusnya. Gambar 2.4 menunjukkan bentuk MCB



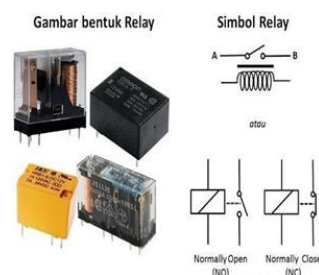
Gambar 2.6 MCB

#### 4. MCCB

MCCB (*Moulded Case Circuit Breaker*), pemutus sirkuit adalah pembatas arus ketika arus beban melebihi batasnya. MCCB ini digunakan hampir sama dengan MCB, namun dengan batasan arus beban lebih dari 100 amp sampai 1600 amp.

#### 5. Rele

Rele adalah saklar (*switch*) yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen elektromekanis (*electromechanics*) yang terdiri dari 2 bagian utama yaitu elektromagnet (*Coil*) dan mekanik (satu set kontak saklar/*switch*). Rele menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (daya rendah) dapat menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk relai dan simbol rele.



Gambar 2.7 Rele dan simbol Rele

Karena rele adalah jenis sakelar, istilah *pole and throw* yang digunakan dalam sakelar juga berlaku untuk relai. Berikut ini adalah jenis-jenis relay dan penjelasan singkat istilah pole and throw:

*Pole* : Jumlah kontak yang dimiliki relai.

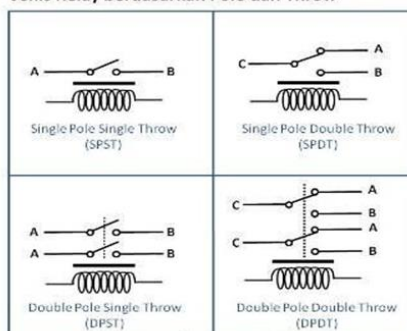
*Throw*: Jumlah status yang dimiliki kontak.

Berdasarkan klasifikasi jumlah tiang dan lemparan suatu rele, rele dapat diklasifikasikan menjadi:

- *Single Pole Single Throw (SPST)*: Relai jenis ini memiliki 4 terminal, 2 terminal untuk sakelar dan 2 terminal untuk kumparan.
- *Single Pole Double Throw (SPDT)*: Relai jenis ini memiliki 5 terminal, 3 terminal untuk sakelar dan 2 terminal untuk kumparan.
- *Double Pole Single Throw (DPST)*: Relai jenis ini memiliki 6 terminal, diantaranya 4 terminal yang terdiri dari 2 pasang terminal saklar, sedangkan 2 terminal lainnya untuk kumparan. Relai DPST dapat digunakan sebagai 2 sakelar yang dikendalikan oleh satu koil.
- *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relai jenis ini memiliki 8 terminal diantaranya 6 terminal yaitu 2 pasang relay SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) coil. Sedangkan 2 terminal lainnya untuk coil [8].

Selain kelompok rele di atas, ada juga rele yang kutub dan lemparannya melebihi 2 (dua). Misalnya 3PDT (*Triple Pole Double Throw*) atau 4PDT (*Four Pole Double Throw*) dan seterusnya.

Jenis Relay berdasarkan Pole dan Throw



**Gambar 2.8** Relai berdasarkan jumlah kutub dan lemparan

## 6. *Time Delay Relay (TDR)*

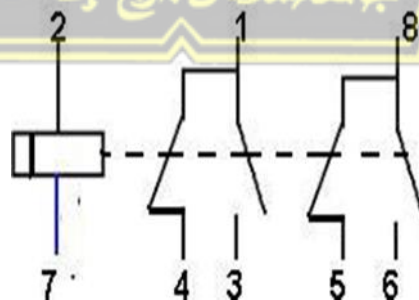
TDR adalah perangkat yang menggunakan elektromagnet untuk menggerakkan serangkaian kontak sakelar, sering disebut sebagai rele waktu atau rele tunda batas waktu, dan banyak digunakan dalam instalasi mesin, terutama yang membutuhkan kontrol waktu otomatis.

TDR juga merupakan salah satu komponen yang digunakan pada instalasi tenaga listrik pada aplikasi yang menggunakan jeda waktu. Bagian utama dari TDR adalah kontak rele, baik NO (*normally open*) maupun NC (*normally closed*), yang beroperasi berdasarkan pengaturan waktu tertentu.

Pada instalasi motor atau listrik, penggunaan TDR digabungkan dengan komponen catu daya lainnya untuk fungsi waktu tunda, misalnya pada pemasangan lampu lalu lintas, kontrol motor pengasutan bintang-segitiga otomatis, motor sekuensial dan sebagainya.



Gambar 2.9 Bentuk rele tunda waktu



Gambar 2.10 Simbol rele tunda waktu

Prinsip kerja rele tunda waktu yang bekerja menggunakan prinsip elektronika terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan secara seri atau paralel. Ketika tegangan sinyal telah mengisi penuh kapasitor, rele

terhubung. Lamanya delay diatur berdasarkan besarnya muatan pada kapasitor. Bagian input dari *timer* biasanya dinyatakan sebagai kumparan dan bagian *output* sebagai kontak yang biasanya terbuka NO atau biasanya tertutup NC. Kumparan pada *timer* bekerja selama menerima sumber listrik. Ketika batas waktu yang diinginkan tercapai, *timer* akan secara otomatis mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan kontak NC menjadi NO. Pada umumnya timer memiliki 8 kaki, 2 diantaranya adalah kaki kumparan (*Coil*), contoh pada gambar di atas adalah tipe TDR H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki kumparan, sedangkan kaki lainnya dipasangkan dengan NO dan NC, kaki 1 menjadi NC dengan pin 4 dan NO dengan kaki 3. Kaki 8 menjadi NC dengan kaki 5 dan NO dengan kaki 6. Kaki-kaki tersebut berbeda tergantung pada jenis rele tunda waktunya.

#### 7. Jenis Rele Tunda Waktu

##### a. TDR dengan Waktu Tunda Hidup (*On Delay*)

*Timer* ini bekerja dari normal dengan waktu tunda sesuai pengaturan yang diberikan. Normal terbuka (NO), kontak yang biasanya terbuka tetap terbuka selama waktu tertentu, misalnya 5 detik, setelah koil kontaktor dinyalakan. Setelah 5 detik, kontak secara otomatis mengubah status dari terbuka (mati) menjadi tertutup (aktif) dan tetap tertutup selama kontaktor diberi daya. Jika catu daya terputus, kontaktor terbuka lagi. Kontak NC yang biasanya tertutup tetap tertutup untuk waktu tertentu setelah koil disuplai oleh rele, misal. B.5 detik. Setelah 5 detik, kontak secara otomatis berubah dari tertutup (mati) menjadi terbuka (hidup) dan tetap terbuka selama relai diberi daya. Jika catu daya terputus, rele ditutup kembali.

##### b. TDR dengan Waktu Tunda Mati (*Off Delay*)

*Timer* ini bekerja kebalikan dari *on-delay timer*, jika kontaktor magnet menerima tegangan dan aktif maka kontak akan langsung aktif,

namun setelah tegangan hilang dan kontaktor magnetik tidak aktif maka kontak aktif akan menjadi tidak aktif setelah waktu yang ditentukan.

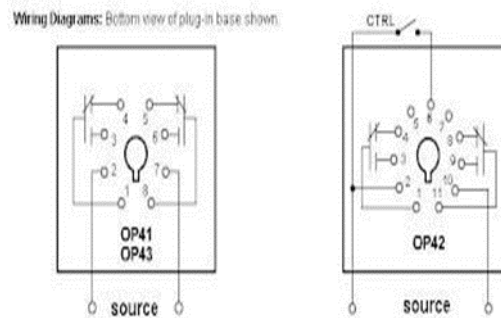
Untuk NO, setelah memberi energi pada kumparan dari rele, kontak yang biasanya terbuka NO berubah menjadi tertutup NC dan tetap tertutup selama koil diberi energi. Jika catu daya terputus, kontak tetap tertutup untuk waktu tertentu, misal B.5 detik. Setelah 5 detik, kontak secara otomatis mengubah status dari tertutup menjadi terbuka.

Untuk NC, setelah kumparan diberi energi oleh relai, kontak NC berubah status menjadi terbuka dan tetap terbuka selama kumparan diberi energi. Jika catu daya terputus, kontak tetap terbuka selama waktu tertentu, misalnya 5 detik. Setelah 5 detik, kontak secara otomatis mengubah status dari terbuka menjadi tertutup.

#### 8. Tipe kaki TDR

Kaki-kaki TDR untuk tipe socket OP41 dan OP43 antara lain memiliki 8 kaki yang berfungsi sebagai: 2-7 (sumber/sumber tegangan), 1-4 (NC), 1-3 (NO), 8-5 (NC), 8-6 (NO). Jenis socket OP42 memiliki 11 kaki yang berfungsi sebagai berikut: 2-10 (sumber/sumber tegangan), 1-4 (NC), 1-3 (NO), 11-8 (NC), 11-9 (NO).

Lihat simbol TDR di bawah ini, ketika kaki sumber (2-7) diberi tegangan, rangkaian timer atau timer pada TDR beroperasi sesuai dengan waktu yang ditentukan. Ketika sampai waktu yang diatur, kontak NO (1-3, 8-6) menutup dan kontak NC (1-4, 8-5) terbuka. Durasi tergantung pada pengaturan yang kita buat pada *timer*.



**Gambar 2.11** Keterangan Kaki TDR

## 9. Kontaktor

Kontaktor atau *Magnetic Contactor* adalah peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Di dalam kontaktor ada belitan di mana ketika arus listrik diterapkan, medan magnet dibuat di inti besi, sebagai akibatnya kontak tertarik oleh gaya magnet yang dibuat sebelumnya. Kontak bantu NO (*Normally Open*) menutup dan kontak bantu NC (*Normally Close*) terbuka [9].

Kontak kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak bantu digunakan untuk rangkaian kontrol. Dalam kontaktor elektromagnetik, kumparan utama terletak di inti besi. Kumparan hubung singkat bertindak sebagai peredam getaran ketika dua inti besi saling menempel.

Komponen penting dari kontaktor (*Magnetic Contactor*) :

- Kumparan magnet (*coil*) dengan simbol A1 – A2, yang bekerja pada saat menerima catu daya tegangan.
- Kontak utama didesain lebih lebar dan tebal sehingga dapat menghantarkan arus listrik yang relatif besar. Kontak utama 1, 3 dan 5 biasanya dihubungkan dengan sumber listrik R, S dan T, sedangkan kontak 2, 4 dan 6 dihubungkan dengan beban motor listrik tiga fasa U, V dan W atau beban lainnya.
- 3. Kontak bantu dirancang lebih tipis, sehingga hanya digunakan untuk bagian kontrol dengan arus listrik yang relatif kecil. Terdiri dari simbol angka 11, 12, 13, 14 atau angka 21, 22, 23, 24.





**Gambar 2.12** *Magnetic Contactor*

#### 10. Sakelar Tekan / *Push Button*

Dalam dunia industri, terdapat berbagai jenis mesin dengan cara kerja dan fungsi yang berbeda untuk mencapai kinerja atau hasil yang berbeda. Banyak jenis dan ragam alat yang dibutuhkan untuk menggerakkan sebuah mesin, salah satunya adalah Saklar Tekan / *Push Button*.

Sakelar tekan atau biasa disebut sakelar ON/OFF sering digunakan sebagai perangkat koneksi atau pemutus sirkuit kontrol. Memiliki dua kontak yaitu NC dan NO. Ini berarti ketika sakelar tidak digunakan, satu kontak NC dan kontak lainnya NO. Ketika kontak ditekan secara manual, keadaan berbalik ke NO dan NC.

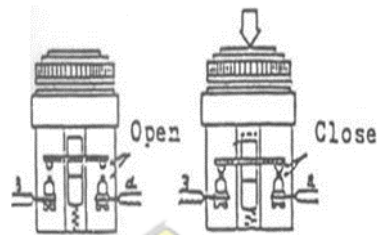


**Gambar 2.13** Bentuk Fisik Saklar Tekan

Tombol tekan umumnya memiliki struktur yang terdiri dari kontak bergerak dan kontak tetap. Berdasarkan konstruksinya, tombol tekan dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

a. Tipe *Normaly open* (NO)

Tombol ini juga dikenal sebagai tombol start karena kontak menutup saat ditekan dan membuka kembali saat dilepaskan. Saat tombol ditekan, kontak bergerak menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik mengalir.



**Gambar 2.14** *Push Button* NO

b. Tipe *Normaly Close* (NC)

Tombol ini disebut juga tombol stop karena kontak akan terbuka saat ditekan dan menutup kembali saat dilepaskan. Kontak yang bergerak dipisahkan dari kontak tetap sehingga arus listrik terputus.



**Gambar 2.15** *Push Button* NC

## 11. Sakelar Pemilih / *Selector Switch*

Pada dasarnya, *selector switch* adalah kontak/saklar yang digerakkan oleh tombol atau tuas putar untuk memilih salah satu dari dua posisi atau lebih. Beberapa berkerja seperti sakelar *toggle*, memungkinkan pemilih berhenti pada satu posisi, dan beberapa bekerja seperti tombol tekan, memungkinkan pemilihan kembali ke posisi semula atau netral setelah pemilihan.

Fungsi sakelar pemilih adalah menghubungkan sirkuit sesuai dengan indikasi pemilihan yang ditunjuk. Ada banyak jenis sakelar pemilih, tetapi

biasanya hanya dua jenis yang sering digunakan, yaitu 2 posisi (ON-OFF/Start-Stop/0-1, dll) dan 3 posisi (ON-OFF-ON/Auto-Off -Manual,dll).



**Gambar 2.16** Bentuk Fisik *Selector Switch*

## 12. *Current Transformer* (CT)

Trafo Arus atau yang biasa disebut dengan *Current Transformer* adalah suatu alat listrik yang dapat mereduksi arus besar menjadi arus kecil yang digunakan pada rangkaian AC. Fungsi transformator arus adalah untuk memperoleh arus yang sebanding dengan arus yang akan diukur (sekunder 5A atau 1A) dan untuk mengisolasi rangkaian dari sistem yang arusnya akan diukur (disebut sebagai rangkaian primer). dari sirkuit di mana perangkat terhubung (disebut sebagai rangkaian sekunder).



**Gambar 2.17** Bentuk Fisik Trafo Arus

### 13. Alat Ukur

Alat ukur berfungsi sebagai penunjuk nilai dari suatu alat. Dimana untuk pengukuran tegangan dan arus listrik menggunakan amperemeter dan voltmeter. Ammeter adalah alat untuk mengukur arus listrik pada rangkaian tertutup.

Amperemeter biasanya dipasang secara seri (seri) dengan rangkaian listrik. Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur beda potensial dalam suatu rangkaian. Untuk mengukur beda potensial antara dua titik pada suatu komponen, kedua terminal voltmeter harus dihubungkan sejajar dengan komponen pada dua titik yang tegangannya akan diukur.



Gambar 2.18 Bentuk fisik Alat Ukur Amperemeter

#### 2.2.7 Komponen Panel Kontrol Oven Listrik Industri

Pada oven pemanas / pengering memiliki komponen khusus yang membedakan dari komponen kontrol lain yang berguna sebagai penunjang sistem kerja pada proses produksi menggunakan oven. Berikut ini merupakan komponen khusus yang harus ada dalam panel kontrol oven pemanas listrik industri :

##### 1. *Thermocontrol*

*Thermocontrol / Temperature Controller* adalah komponen atau suku cadang listrik yang secara otomatis dapat memutuskan dan menghubungkan arus listrik dengan merasakan suhu suatu media agar tetap pada suhu yang disetel.

Pada *Thermocontrol* analog menggunakan prinsip dasar pemuaian logam bimetal dimana ketika terjadi perubahan suhu tertentu maka logam akan memutuskan atau menghubungkan rangkaian secara otomatis sesuai nilai yang telah

disetel. Sedangkan pada *Thermocontrol* digital menggunakan bermacam macam rangkaian elektronika dan pemrograman serta rele kontrol untuk mengatur, membaca, memproses, dan mengeksekusi nilai keluaran agar rangkaian terhubung atau terputus. Penggunaan Kontrol Termal (*Temperature Controller*) dari pengertian di atas, selalu digunakan dalam setiap kegiatan manufaktur yang menggunakan suhu dingin atau panas ketika memproduksi produk/barang untuk mengontrol kualitas barang/produk yang diproduksi agar selalu optimal. Jika suhu mesin tidak dikontrol produk-produknya dapat rusak, seperti: beku, bahkan meleleh. Untuk menggunakan kontrol termal, diperlukan sensor suhu (*thermocouple*).



Gambar 2.19 Bentuk *Thermocontrol* Digital

## 2. *Thermocouple*

*Thermocouple* adalah sensor pengukur suhu yang terdiri dari dua jenis logam yang berbeda yang disatukan di satu ujung. Ketika persimpangan dua logam dipanaskan atau didinginkan menimbulkan tegangan dibuat yang dikorelasikan dengan suhu. Termokopel adalah sensor suhu sederhana, kuat, dan murah yang digunakan dalam berbagai teknik pengukuran suhu.

*Thermocouple* umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi. Namun, karena berbagai model dan spesifikasi teknisnya, sangat penting untuk memahami konstruksi dasar, fungsionalitas, dan rentang untuk menentukan dengan lebih baik jenis dan bahan termokopel yang tepat untuk suatu aplikasi.

*Thermocouple* tersedia dalam berbagai kombinasi logam atau kalibrasi. Yang paling umum adalah termokopel “logam dasar” yang dikenal sebagai tipe

J, K, T, E, dan N. Ada juga kalibrasi suhu tinggi - juga dikenal sebagai termokopel logam mulia - tipe R, S, C, dan GB.

Setiap kalibrasi memiliki kisaran suhu dan lingkungan yang berbeda, meskipun suhu maksimum akan bervariasi dengan diameter kawat yang digunakan dalam termokopel.

Meskipun kalibrasi termokopel menentukan kisaran suhu, kisaran maksimum juga dibatasi oleh diameter kawat termokopel. Artinya, termokopel yang sangat tipis mungkin tidak mencapai kisaran suhu penuh.

*Thermocouple* tipe K dikenal sebagai termokopel serba guna karena biaya dan rentang suhunya yang rendah.



Gambar 2.20 Bentuk Fisik *Thermocouple* Tipe K

### 2.2.8 Perhitungan KHA ( Kuat Hantar Arus )

Untuk mengetahui kebutuhan besar diameter penampang konduktor dan menentukan nilai gawai proteksi serta komponen pendukung lainnya yang sesuai standar perlu dilakukan perhitungan Nilai KHA (Kuat Hantar Arus) dimana untuk mendapatkan nilai tersebut perlu dilakukan perhitungan nilai arus beban 3 fase terlebih dahulu menggunakan persamaan (2.1) berikut:

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times \cos \emptyset \times V_L)} \quad (2.1)$$

Dimana :

I = Arus Beban Penuh (Ampere)

P = Daya (Watt)

Cos  $\emptyset$  = Faktor Daya

$V_L$  = Tegangan antar Fasa (Volt)

$\sqrt{3}$  = Faktor pengali amplitudo fasa-fasa ke fasa-netral

Setelah mengetahui arus beban yang tersambung maka dapat dilakukan perhitungan nilai KHA menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$\text{Kuat Hantar Arus (KHA)} = 125\% \times I \quad (2.2)$$

Dimana :

Kuat Hantar Arus (KHA) = Ampere (A)

$I$  = Arus Beban (A)



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Tugas akhir ini merancang bangun panel listrik Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW yang dirancang dan dibuat di Bengkel listrik pribadi kemudian dilanjutkan dengan pemasangan, pengaturan dan pengujian diperusahaan pengolahan sisik ikan PT. Marine Biogel Indonesia, Kacangan , Boyolali. Waktu Penelitian dimulai pada awal semester tahun akademik 2021/2022.

#### **3.2 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode R&D (Research And Development) yaitu dengan membuat panel sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri 24 kW. Dalam penelitian rancang bangun ini mempunyai beberapa metode dan tahapan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang diinginkan. Langkah pertama dalam penelitian ini dimulai dengan peninjaun objek terlebih dahulu, kemudian membuat rancangan atau desain alat, membuat alat berdasarkan desain yang dibuat dan dilanjutkan dengan pengujian.

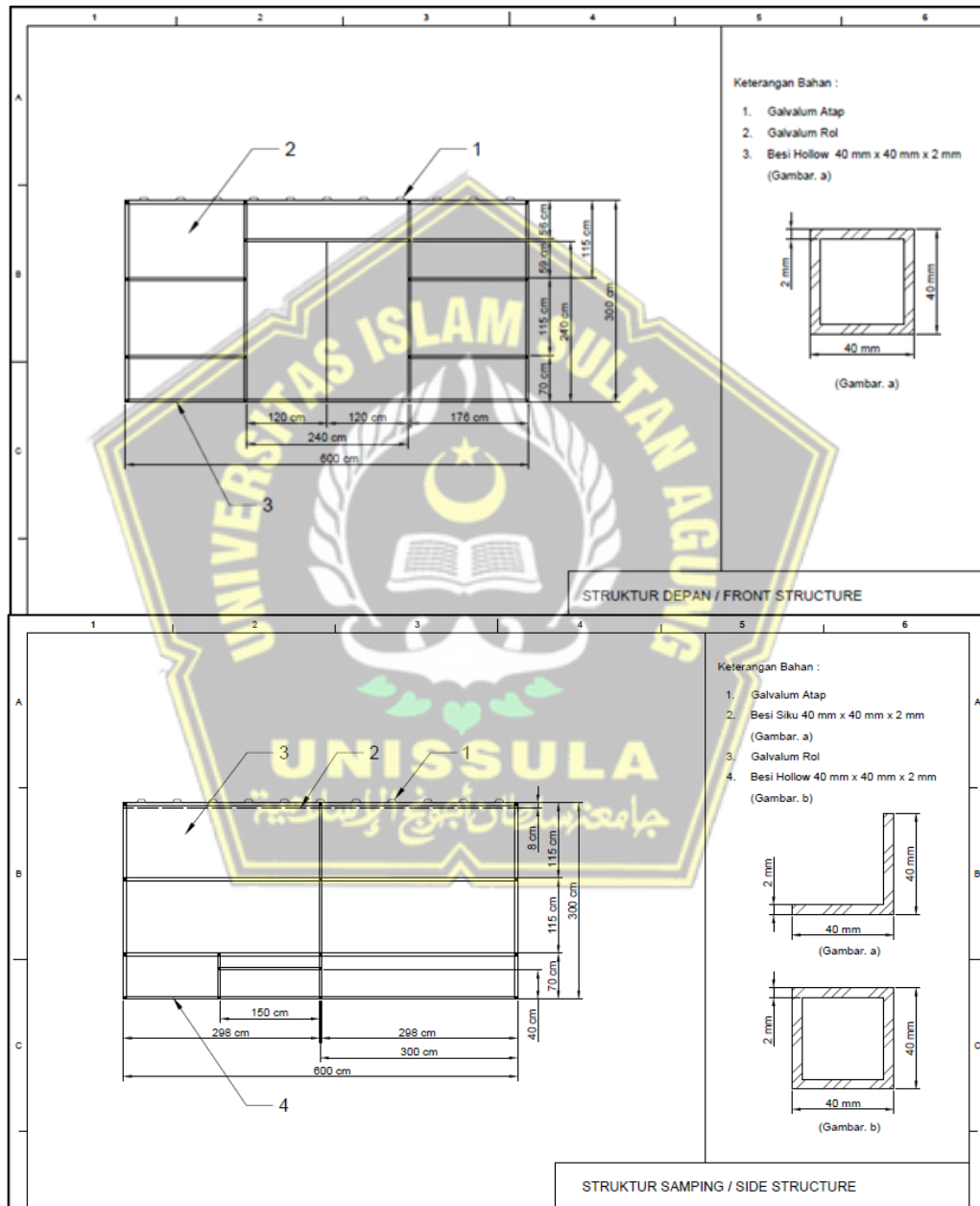
#### **3.3 Objek Penelitian**

Pada penelitian ini tentunya memiliki objek yang ditinjau terlebih dahulu agar dapat menentukan spesifikasi dan kebutuhan dalam proses perancangan. Berikut merupakan objek penelitian yang digunakan :

- Oven pengering pesanan custom yang mempunyai spesifikasi khusus yang berbeda dari pasaran meliputi dari volume pengeringan 1 ton dengan daya listrik besar 24kW .Oven digunakan untuk pengering sisik ikan dengan kontrol suhu dan waktu pemanasan tertentu agar kandungan kimia didalam bahan sisik ikan tidak rusak.



- Pemanasan menggunakan sistem listrik agar bahan sisik ikan tetap steril dari kandungan polutan asing seperti asap pembakaran gas atau kayu.
- Memiliki sistem pengatur manual dan otomatis dan penanda bunyi dan visual untuk operator mesin pengering.
- Dimensi ruang P.6m x L.6m x T.3m



**Gambar 3.1** Konstruksi Ruang Oven



Gambar 3.3 Ruang Oven



Gambar 3.2 Rak dan Nampan Oven

Tabel 3.1 Pembagian Beban Listrik

no	beban	daya satuan	jumlah grup
1	<i>Centrifugal Blower</i>	1100	2
2	Elemen heater	11000	2

- Fitur penunjang yang dibutuhkan oven

1. *Auto & Manual control Heating*
2. *Timer Set & Alarm*

### 3.4 Instrumen Penelitian

Untuk mendukung dan memudahkan dalam melakukan penelitian dibutuhkan sarana berupa alat atau instrumen penelitian agar proses rancang bangun dapat berjalan dengan baik. Berikut merupakan instrumen penelitian yang digunakan :

1. Laptop / PC Lenovo G40-45
2. *Software Autocad*
3. *Software Ms. Office 2019*
4. Power Tools (Alat Pertukangan)
5. Multitester

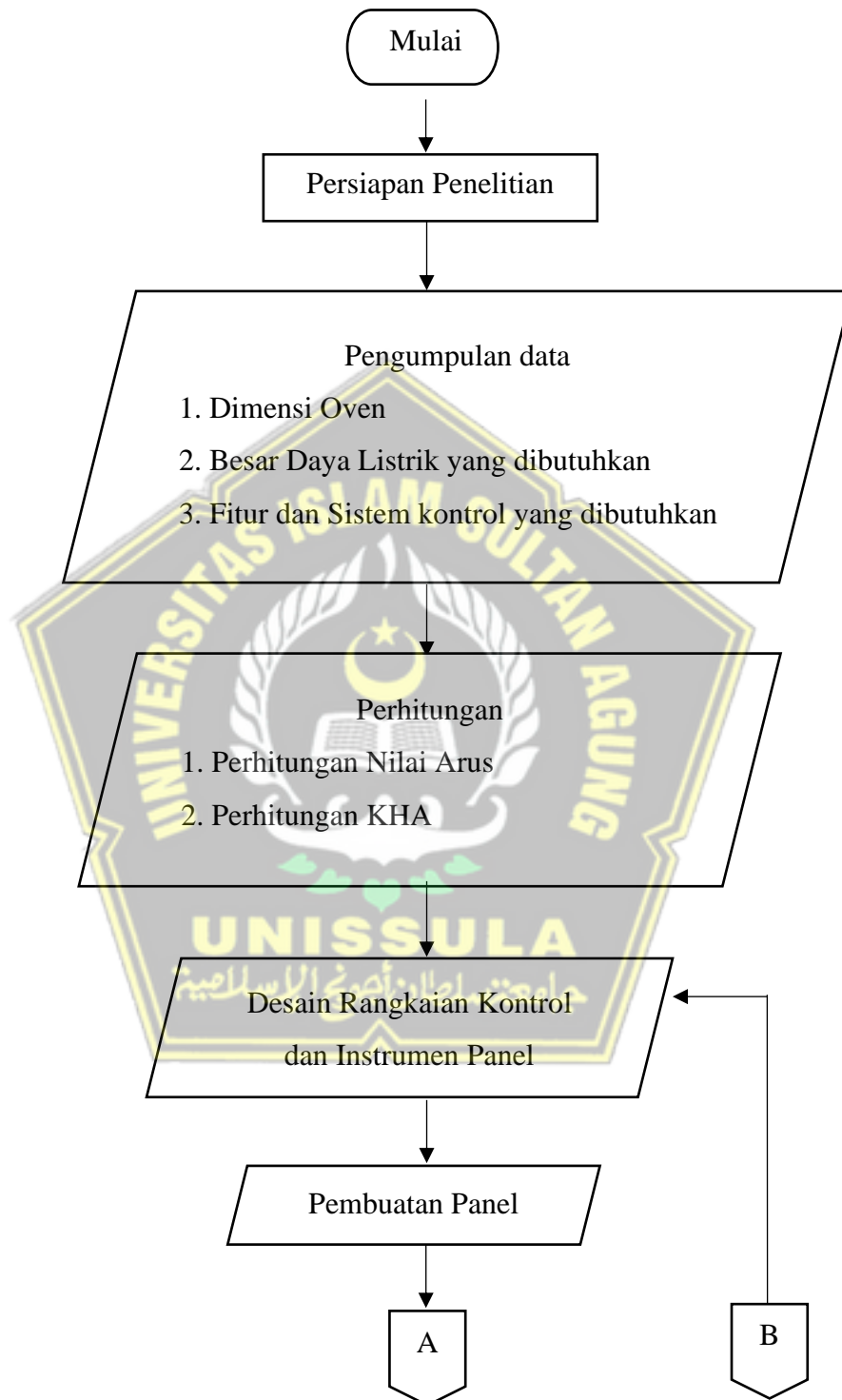
6. Tang Ampere
7. Tang kombinasi
8. Tang potong
9. Tang skun
10. Tang crimping
11. Gergaji
12. Hole Saw
13. Tang Rivet
14. Kikir Besi
15. Obeng +/-
16. Test Pen

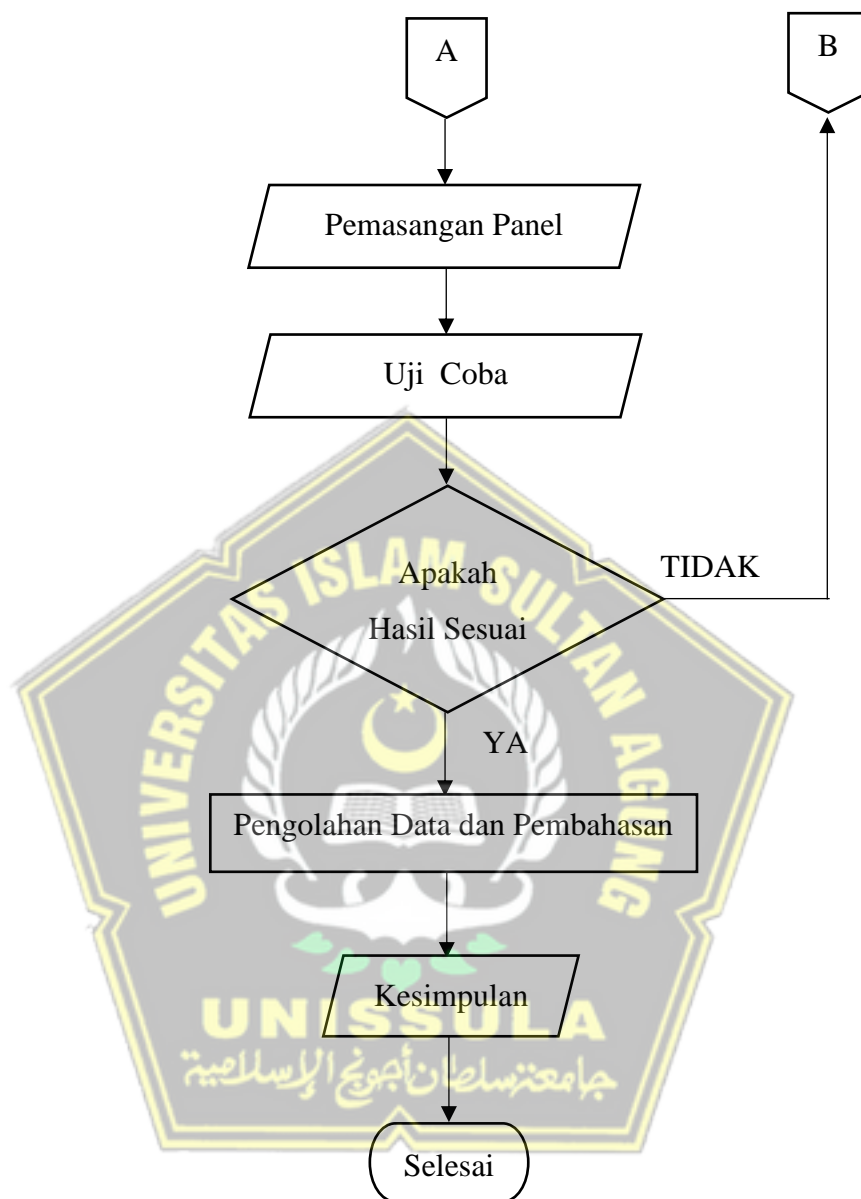
### **3.5 Langkah - langkah Perancangan**

Perencanaan dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari kontraktor utama sebagai pembuat konstruksi dan spesifikasi oven pengering yang kemudian dianalisa dengan perhitungan nilai beban, dan arus beban penuh, serta menentukan fungsi kontrol dan pengaturan proteksi masing masing komponen oven. Kemudian melakukan desain box panel berdasarkan dimensi komponen yang dibutuhkan dan menentukan letak box panel kontrol tersebut berdasarkan desain struktur ruangan oven.

Pembuatan alat dilakukan setelah seluruh analisa data , perhitungan, dan desain selesai. Setelahnya dapat dilakukan uji coba dan peninjauan kembali apabila terdapat kurang sesuaian.

Berikut diagram alir dari penelitian ini :





### 3.5.1 Perhitungan Arus Beban Penuh

Dari data “Tabel 3.1 Pembagian Beban Listrik” dapat dilakukan perhitungan arus beban untuk mengetahui besarnya arus yang mengalir dalam rangkaian panel nantinya dimana nilai arus tersebut nantinya dijadikan sebagai acuan untuk menentukan nilai Kuat Hantar Arus (KHA) pada konduktor dan komponen pendukung sistem kontrol yang nantinya ada pada panel kontrol.

Perhitungan Arus beban menggunakan persamaan (2.1) sebagai berikut :

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} \times \cos \phi \times V_L)}$$

Dimana :

- I = Arus Beban (A)
- P = Daya (Watt)
- Cos  $\phi$  = Faktor Daya
- $V_L$  = Tegangan antar Fasa
- $\sqrt{3}$  = Faktor pengali amplitudo fasa-fasa ke fasa-netral

Untuk mempermudah penelitian, perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak Ms. Excel dengan memasukan persamaan diatas kedalam kolom formula dalam Ms. Excel sehingga didapatkan data sebagai berikut :

no	beban	daya satuan	jumlah grup	Daya total	arus satuan	Arus total per beban
1	Blower	1100	2	2200	2.5	5
2	Elemen heater	11000	2	22000	16.71326121	33.42652243
					Arus Total	38.42652243

**Gambar 3.4** Hasil Perhitungan Arus Beban Penuh

Dari data arus nominal yang telah didapatkan dapat dianalisa bahwa nilai arus nominal total sebesar 38.426 Ampere. Pada masing masing beban memiliki nilai arus yang berbeda. Untuk nilai arus beban Blower diambil dari *Name Plate*

pabrikan yang tertera pada motor listrik masing-masing yaitu 2.5 Ampere sehingga didapat nilai total arus beban Blower sebesar 5 Ampere, sedangkan pada Elemen heater yang merupakan beban resistif didapatkan nilai 16.713 Ampere tiap rangkaian heater dan didapatkan nilai total arus beban sebesar 33.426 Ampere.

### 3.5.2 Perhitungan KHA

Kuat Hantar Arus (KHA) adalah kemampuan/kuat sebuah kawat penghantar untuk dilewati oleh beban/arus listrik dalam jumlah maksimum. Kuat hantar arus juga digunakan sebagai acuan faktor keamanan dalam semua peralatan atau komponen listrik yang terpasang agar mampu dialiri arus maksimal yang terpasang. Perhitungan KHA menggunakan persamaan (2.2) sebagai berikut :

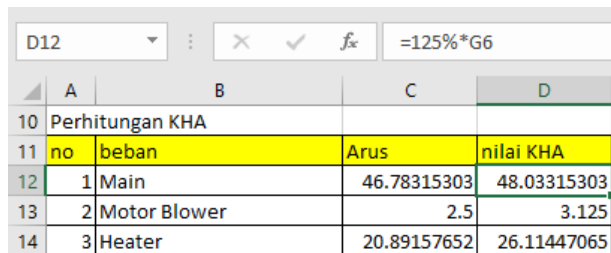
$$\text{Kuat Hantar Arus (KHA)} = 125\% \times I$$

Dimana :

Kuat Hantar Arus (KHA) = Ampere (A)

$I$  = Arus Beban Penuh (A)

Untuk mempermudah penelitian, perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak Ms. Excel dengan memasukan persamaan diatas kedalam kolom formula dalam Ms. Excel sehingga didapatkan data sebagai berikut :



	A	B	C	D
10	Perhitungan KHA			
11	no	beban	Arus	nilai KHA
12	1	Main	46.78315303	48.03315303
13	2	Motor Blower	2.5	3.125
14	3	Heater	20.89157652	26.11447065

**Gambar 3.5** Hasil Perhitungan Nilai KHA

Dari hasil Gambar 3.5 Hasil Perhitungan Nilai KHA Untuk menentukan diameter penghantar yang sesuai maka dapat dilihat pada daftar tabel diameter kabel dan KHA penghantar pada PUIL 2011 berikut :

Tabel 3.2 Tabel KHA dan proteksi PUIL 2011

Jenis Konduktor	Luas Penampang nominal	KHA terus menerus		KHA Pengenal Gawai Proteksi	
		Pemasangan dalam Konduit	Pemasangan di udara	Pemasangan dalam Konduit	Pemasangan di udara
	mm <sup>2</sup>	A	A	A	A
	0,5	2,5	-	2	-
	0,75	7	15	4	10
	1	11	19	6	10
	1,5	15	24	10	20
NYFA	2,5	20	32	16	25
NYFAF					
NYFAZ	4	25	42	20	35
NYFAD	6	33	54	25	50
NYA	10	45	73	35	63
NYAF					
	16	61	98	50	80
NYFAw	25	83	129	63	100
NYFAFw	35	103	158	80	125
NYFAZw					
NYFADw	50	132	198	100	160
dan NYL	70	165	245	125	200
	95	197	292	160	250
	120	235	344	250	315
	150	-	391	-	315
	185	-	448	-	400
	240	-	528	-	400
	300	-	608	-	500
	400	-	726	-	630
	500	-	830	-	630

Pada nilai KHA terdapat perhitungan nilai faktor koreksi dimana nilai KHA juga dipengaruhi oleh suhu *ambient* atau suhu lingkungan sekitar. Semakin tinggi suhu *ambient* maka nilai KHA akan semakin menurun sehingga perlu faktor pengali yang berupa nilai faktor koreksi sesuai PUIL. Dalam keadaan normal dengan suhu *ambient* 30°Celsius dan suhu penghantar maksimal 70°Celsius nilai KHA ada pada nilai penuh atau 100%. Pada kasus penelitian ini suhu *ambient* sekitar ruangan berada pada tingkat maksimal 40°Celsius sehingga terjadi



penurunan KHA dengan Nilai Faktor Koreksi 0.87 atau 87% dari KHA maksimal [10]. Nilai tersebut dapat dilihat pada PUIL 2011 faktor koreksi KHA berikut :

**Tabel 3.3** Nilai Faktor Koreksi untuk KHA PUIL 2011

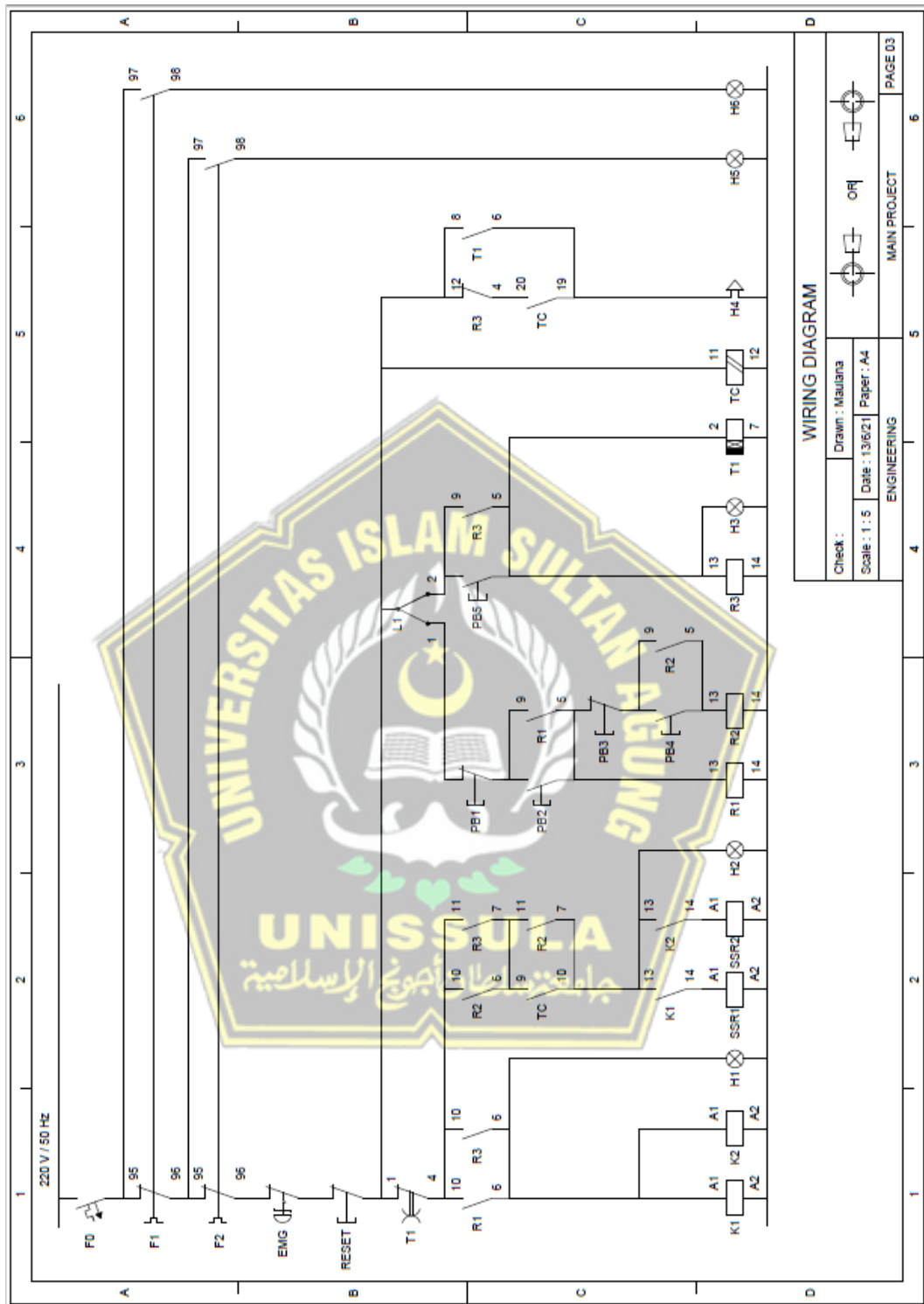
Suhu ambien °C	% dari nilai KHA	
	Bahan insulasi karet	Bahan insulasi PVC
$t \leq 30^{\circ}\text{C}$	98	100
$30^{\circ}\text{C} < t \leq 35^{\circ}\text{C}$	90	94
$35^{\circ}\text{C} < t \leq 40^{\circ}\text{C}$	80	87
$40^{\circ}\text{C} < t \leq 45^{\circ}\text{C}$	69	80
$45^{\circ}\text{C} < t \leq 50^{\circ}\text{C}$	56	71
$50^{\circ}\text{C} < t \leq 55^{\circ}\text{C}$	40	62

Dari hasil perhitungan KHA yang telah didapatkan maka bisa ditentukan besarnya diameter penampang penghantar dan gawai proteksi yang digunakan mengacu pada tabel 3.2 dan 3.3 .

### 3.5.3 Desain Rangkaian Kontrol

Rancangan suatu rangkaian kontrol berkorelasi dengan fungsi kontrol atau penggunaan yang diinginkan nantinya. Rangkaian kontrol dirancang berdasarkan data Sistem Kerja dari objek penelitian yang didapat. Rancangan rangkaian kontrol diawali dengan membuat *wiring diagram* atau *electrical drawing* agar mempermudah pengerjaan panel nantinya dan mengurangi kesalahan koneksi kabel dalam pengawatan (*wiring*).

Desain rangkaian kontrol dibuat menggunakan software Autocad 2016 agar hasil akhir dari desain *wiring diagram* dapat dilihat dengan baik dan mengurangi resiko tingkat kesalahan dalam proses *wiring*. Berikut merupakan *wiring diagram* dari Rangkaian Kontrol yang telah dibuat :



Gambar 3.6 Wiring Diagram Rangkaian Kontrol Oven Pengerang

- Penjelasan *wiring diagram* :

1. F0 = MCB rangkaian kontrol, sebagai pengaman rangkaian kontrol dengan output bercabang / paralel menuju “F1” dan Kontak NO “F1 97”
2. F1 = TOR 1 : (*Thermal Overload Relay*), kontak NC “F1 95-96” satu sumbu as dengan kontak NO “F1 97-98”, kontak NO “F1 98” terhubung dengan “H6” *pilot lamp* sebagai indikator lampu motor *blower* 1 apabila terjadi gangguan atau beban lebih dan TOR bekerja. output “F1” kontak NC “ F1 96” paralel dengan *input* NC “F2 95” dan *input* NO “ F2 97”.
3. F2 = TOR 2 : (*Thermal Overload Relay*), kontak NC “F2 95-96” dikopel atau satu sumbu as dengan kontak NO “F2 97-98”, output NO “ F2 98” terhubung dengan “H5” *pilot lamp* sebagai indikator lampu motor *blower* 2 apabila terjadi gangguan atau beban lebih dan TOR bekerja. output “F2” kontak “NC 96” paralel dengan *Input* NC “EMG”.
4. EMG = *Emergency stop Button* NC, sebagai pemutus total rangkaian kontrol ketika keadaan darurat, Output “EMG” menuju *input* “Reset”.
5. *Reset* = *Push button* “Reset” NC Sebagai Tombol pemutus rangkaian, *output* “Reset” bercabang menuju *input* NC “T1 1”, *input* “L1”, *Input* “TC 11”, *input* NC “R3 12”, *input* NO “TI 8”.
6. T1 = *Timer*, Kontak NC “T1 1” berfungsi sebagai pemutus rangkaian kontrol ketika waktu tunda yang disetel telah tercapai.
7. L1 = *Selector Switch*, Mode Manual posisi kontak “1”, mode Otomatis posisi kontak “2”
8. PB1 = *Push button* NC untuk tombol “Blower Off”, ditekan untuk memutus rangkaian rele “R1” Blower dan rele “R2” Heater sekaligus pada mode manual.
9. PB2 = *Push button* NO untuk tombol “Blower On”, ketika ditekan menghidupkan rele “R1”, saat “R1” hidup, kontak NO “R1 9-5” tersambung sebagai pengunci rangkaian *On*, kontak NO “R1 10-6” tersambung mengalirkan listrik menuju Kontaktor “K1” dan “K2” dan rangkaian tenaga Motor *Blower* 3 fase *On*. H1 *pilot lamp* hidup sebagai indikator “*Blower On*”. Kontak “K1 13-14” dan “K2 13-14” berfungsi sebagai pengaman agar penghidupan oven manual dilakukan secara urut mulai dari *blower* kemudian

*heater*. Dimana Kontak “K1 13-14” dan “K2 13-14” akan tetap terbuka (memutus rangkaian) ketika Kontaktor *Blower* “K1, K2” mati, dan akan tertutup (menghubungkan rangkaian) setelah “K1, K2” hidup.

10. PB3 = *Push button* kontak NC untuk tombol “*Heater Off*”, ketika ditekan memutus rangkaian rele “R2” atau rangkaian *Heater* saja.
11. PB4 = *Push button* NO untuk tombol “*Heater On*”, ketika ditekan menghidupkan rele “R2”, saat “R2” hidup, kontak NO “R2 9-5” tersambung sebagai pengunci rangkaian on, kontak NO “R2 10-6”, “R2 11-7” tersambung mengalirkan listrik menuju Kontaktor “K3” dan “K4” dan rangkaian tenaga Elemen *Heater On*. H2 *pilot lamp* hidup sebagai indikator “*Heater On*”.
12. PB5 = *Push button* NO untuk tombol “*Auto On*”, ketika ditekan menghidupkan rele “R3”, saat “R3” hidup, kontak NO “R3 9-5” tersambung sebagai pengunci rangkaian on dan rele *Timer* “T1” On, kontak NO “R3 10-6”, “R3 11-7” tersambung mengalirkan listrik menuju Kontaktor “K1, K2, K3 dan “K4” dan rangkaian tenaga Motor *Blower*, Elemen *Heater On*. “H1” “H2” “H3” *pilot lamp* hidup sebagai indikator “*Blower on*”, “*Heater on*”, dan “*Auto On*”. Kontak NC R3 “12-4” hidup memutus rangkaian NO TC ”20-19”.
13. T1 = *timer* hidup pada mode “*auto*” dan “PB5” ditekan, saat rele tunda waktu hidup dan belum mencapai waktu yang diatur maka kontak *timer* tidak teraktivasi atau berubah posisi, saat mencapai waktu pengaturan Kontak NC “T1 1-4” teraktivasi dan memutus rangkaian dibawahnya. “K1, K2, H1, K3, K4, H2” Off. Kontak NO “T1 8-6” terhubung mengalirkan listrik menuju sirine “H4”
14. TC = *Thermocontrol*, hidup terus menerus terkecuali saat ditekan tombol “*reset*”, “*Emg*” atau trip pada “F0, F1, F2”. Kontak NO “TC 9-10” terhubung. TC memantau suhu aktual ruangan dengan input sensor *thermocouple*. Saat suhu mencapai batas setelan. Kontak NO “TC 20-19” terhubung mengubungkan rangkaian dan mengaliri tegangan ke sirine H4 pada mode manual tanda suhu mencapai batas setelan. Pada mode “*auto*” kontak NO “TC 9-10” Off memutus rangkaian dibawahnya untuk menjaga suhu tidak melebihi

pengaturan. Kontak NO “TC 20-19” tidak mengalirkan listrik ke sirine karena terputus pada NC “R3 12-4”.

15. H4 = Sirine , sebagai penanda saat suhu mencapai titik pengaturan (mode manual), dan sebagai penanda pengeringan selesai pada saat mode “Auto”.
16. H5 = Pilot Lamp Overload 2
17. H6 = Pilot Lamp Overload 1

### 3.5.4 Kebutuhan Bahan Komponen Panel

Kebutuhan bahan atau komponen panel kontrol dapat dilihat pada tabel 3.4 Bahan Bahan Panel Kontrol berikut :

**Tabel 3.4** Bahan-bahan Panel Kontrol

box Panel set kunci				
no	Item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	Box Panel 70 x 90 x 30	1	set	
Pengaman Breaker				
no	Item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	MCCB 50 A chint NM1-63S 15kA 3P	1	pcs	Main Breaker
2	MCCB 25 A chint NM1-63S 15kA 3P	1	pcs	Heater
3	MCB 3 Ph 4 A chint	2	pcs	Motor Blower
4	MCB 1 Ph 4 A chint	1	pcs	Kontrol
5	fuse holder kubur Din Rail & sekring 1 A	3	pcs	instrumen
kabel				
no	item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	NYFGBY - 4 x 16mm'	-		Main Power source
2	NYHY - 3 x 1.5mm'	1	rol 50m	Motor Blower
	- 3 x 4mm'	1	rol 50m	Heater
3	NYAF			
	- 1 x 16mm' (Hitam)	12	meter	
	- 1 x 0.75mm' (Merah)	1	rol 100m	kontrol
	- 1 x 0.75mm' (Biru)	1	rol 100m	netral
	- 1 x 6mm' (Hitam)	50	meter	kontaktor heater
	- 1 x 1.5mm' (Hitam)	50	meter	kontaktor blower
	- 1 x 6mm' (hijaukuning Ground)	10	meter	g

Skun & Slongsong Vinyl				
no	item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	skun kabel 16 mm ( type SC 16-6 )	50	pcs	main
2	skun kabel 6 mm ( type SC 6-6 )	100	pcs	kontak heater
3	skun kabel 4 mm ( type SC 4-5 )	100	pcs	motor blower
4	skun kabel Y ( SV 1.25-4 Merah )	1	pack	kabel kontrol
5	skun kabel Y ( SV 1.25-4 Biru )	1	pack	kabel kontrol
6	skun kabel Y ( SV 2-4 Merah )	1	pack	kabel kontrol/power
7	skun kabel Y ( SV 2-4 Kuning )	1	pack	kabel kontrol/power
8	skun kabel Y ( SV 2-4 Hitam )	1	pack	kabel kontrol/power
9	skun kabel Y ( SV 2-4 Biru )	1	pack	kabel kontrol/power
10	Skun Vinyl 16mm Merah	1	pack	Kabel Power
11	Skun Vinyl 16mm Kuning	1	pack	Kabel Power
12	Skun Vinyl 16mm Hitam	1	pack	Kabel Power
13	Skun Vinyl 16mm Biru	1	pack	Kabel Power
14	Skun Vinyl 6mm Merah	1	pack	Kabel Power
15	Skun Vinyl 6mm Kuning	1	pack	Kabel Power
16	Skun Vinyl 6mm Hitam	1	pack	Kabel Power
17	Skun Vinyl 4mm Merah	1	pack	Kabel Power
18	Skun Vinyl 4mm Kuning	1	pack	Kabel Power
19	Skun Vinyl 4mm Hitam	1	pack	Kabel Power
Komponen Support				
no	item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	Kabel Duct Lubang 32 x 45	10	meter	panel support
2	Kabel Duct Lubang 32 x 32	10	meter	panel support
3	Kabel Duct polos putih 16 x 16	10	meter	panel support
4	Kabel Spiral KSS 8 putih	20	meter	panel support
5	Kabel Ties KSS 15cm x 3.6mm putih	4	pack	panel support
6	Tie Mount KSS HC-103 (30mm x 30mm)	2	pack	panel support
7	Rail / Rel Aluminium 2 fungsi Std	6	meter	panel support
8	Klem kabel no 8	2	pack	panel support
9	Klem kabel no 12	2	pack	panel support
10	blower/Fan Panel RAYDEN AC 220V 12 x 12 x 3.8 cm	4	set	panel support
bus bar & Terminal				
no	item	jumlah	satuan	konfigurasi
1	busbar tembaga + isolator support R,S,T,N,G	1	set	R S T N G
	6 baut / 8 baut ( stok ) , 100 Ampere			
2	Terminal block 3 Pole 60 A	2	pcs	
3	Terminal block 3 Pole 25 A	2	pcs	
4	Terminal block 12 Pole 25 A	2	pcs	
Kontrol Suhu				
no	item	jumlah	satuan	
1	Autonics TCN4M-24R	1	pcs	
2	Thermocouple Type K	1	pcs	
3	kabel thermocouple type K	10	m	
4	konektor kabel thermocouple male	2	pcs	
5	konektor kabel thermocouple female	2	pcs	

interface indikator pintu			
no	item	jumlah	satuan
1	fort ampere meter 0-100a/200a CT100/5	1	pcs
2	fort CT 100/5	3	pcs
3	fort Volt meter Range 500v	1	pcs
4	selector rotary FORT manual off auto MOA 3 pole 25A	1	pcs
5	selector rotary FORT Ampere meter R S T 25a	1	pcs
6	selector rotary FORT volt meter L-L L-N 25a	1	pcs
7	push button hanyoung 25mm NO / NC Merah	3	pcs
8	push button hanyoung 25mm NO / NC Hijau	3	pcs
9	push button hanyoung Emergency Stop	1	pcs
10	LED pilot lamp 22mm TAB / FORT... Merah	4	pcs
11	LED pilot lamp 22mm TAB / FORT... Kuning	4	pcs
12	LED pilot lamp 22mm TAB / FORT... Hijau	5	pcs
Relai			
no	item	jumlah	satuan
1	relay omron MY4N AC-220V + socket	3	set kontrol
2	Kontaktor mitsubishi SN-10 ac 220v (standard aux 1NO)	2	pcs motor
3	TOR mitsubishi TH-N12KP (set 2.8-4.4 Ampere )	2	pcs motor
4	kontaktor Chint 40A	4	pcs heater
6	timer omron DH48S 2Z 220 V	1	pcs

Pemilihan bahan pada tabel 3.4 Bahan-bahan Panel Kontrol tidak hanya berkorelasi dengan perhitungan KHA, ketentuan PUIL, dan rancangan *wiring diagram* saja, pemilihan barang juga didasari dengan kompatibilitas antar komponen seperti tipe bentuk atau dimensi *socket*, diameter penghantar, karakteristik komponen dan seri komponen yang dapat diketahui dengan melihat buku spesifikasi atau *datasheet* komponen masing-masing. Selain dari segi teknis, dalam segi ekonomis juga berpengaruh pada penentuan bahan panel agar biaya dalam pembuatan panel kontrol tidak melebihi *budget* atau keuangan yang tersedia.

Pada penghantar dipilih penggunaan kabel NYAF 16mm<sup>2</sup> untuk penghantar utama dari MCCB 50 Ampere. Sedangkan untuk penghantar tenaga rangkaian *Heater* menggunakan ukuran kabel sebesar 6mm<sup>2</sup> dan MCCB proteksi sebesar 25 Ampere. Untuk penghantar rangkaian *Blower* menggunakan ukuran kabel sebesar 1.5mm<sup>2</sup> dan MCB 3 Fasa proteksi sebesar 4 Ampere, dan satu MCB 4 Ampere untuk proteksi rangkaian kontrol yang didapat dari penjumlahan keseluruhan komponen kontrol seperti arus *coil* kontaktor, arus *coil* rele, arus lampu indikator, arus *timer* dan arus *thermocontrol* yang bisa dilihat pada *datasheet* masing – masing

komponen. Penentuan penampang dan gawai proteksi tersebut mengacu pada tabel Tabel 3.2 Tabel KHA dan proteksi PUIL 2011.

Pada pemilihan rele dan kontaktor mengacu pada banyaknya input dan output kontak yang diperlukan, dimana pada *wiring diagram* yang dibutuhkan masing - masing rele minimal 3 kontak NO dan 1 NC. Sedangkan pada kontaktor minimal kontak yang dibutuhkan adalah 3 kontak NO untuk *rating* kontak tenaga 3 fasa ( L1, L2, L3 ), 1 kontak bantu NC, dan 1 kontak bantu NO. Maka digunakan tipe kontaktor Chint 3 fase NXC 40 A, dan Rele omron MY4N .

Komponen *timer* digunakan tipe DH48S 2Z dipilih berdasar kontak *input* dan *output* DPDT (*Double Pole Double Throw*) yang ada pada timer tersebut sesuai dengan *wiring diagram*. *Timer* DH48S 2Z memiliki tampilan digital 7 *segment* dan pengaturan waktu modul digital yang dapat disesuaikan berdasarkan satuan waktu detik, menit, ataupun jam dengan akurat. Hal tersebut memudahkan pengguna atau operator untuk mengamati dan melakukan pengaturan pada proses penonaktifan oven pengering secara otomatis berdasar waktu tunda.

*Thermocontrol* dipilih Autonics TCN4M-24R berdasarkan kebutuhan kontak NO dan NC yang sesuai pada *wiring diagram* dan adanya fitur alarm pada modul *Thermocontrol* Autonics TCN4M-24R. Tampilan dual display 7 *segment* memudahkan proses pengaturan dan pemantauan suhu secara aktual. Modul Autonics TCN4M-24R juga mendukung *Thermocouple* tipe K yang umum tersedia dipasaran.

### 3.5.5 Desain Panel Kontrol

Panel kontrol memiliki desain yang harus disesuaikan dengan jumlah komponen yang digunakan dan juga dimensi yang tepat. Ukuran atau dimensi yang terlalu besar akan menambah biaya dikarenakan harga dari box panel akan semakin mahal sesuai dengan besarnya. Sedangkan ukuran yang terlalu kecil membuat komponen yang akan dipasang didalam panel ataupun dipintu panel menjadi tidak muat serta meningkatkan resiko terjadinya gangguan arus pendek antara konduktor atau komponen didalam panel. Proses perancangan dilakukan



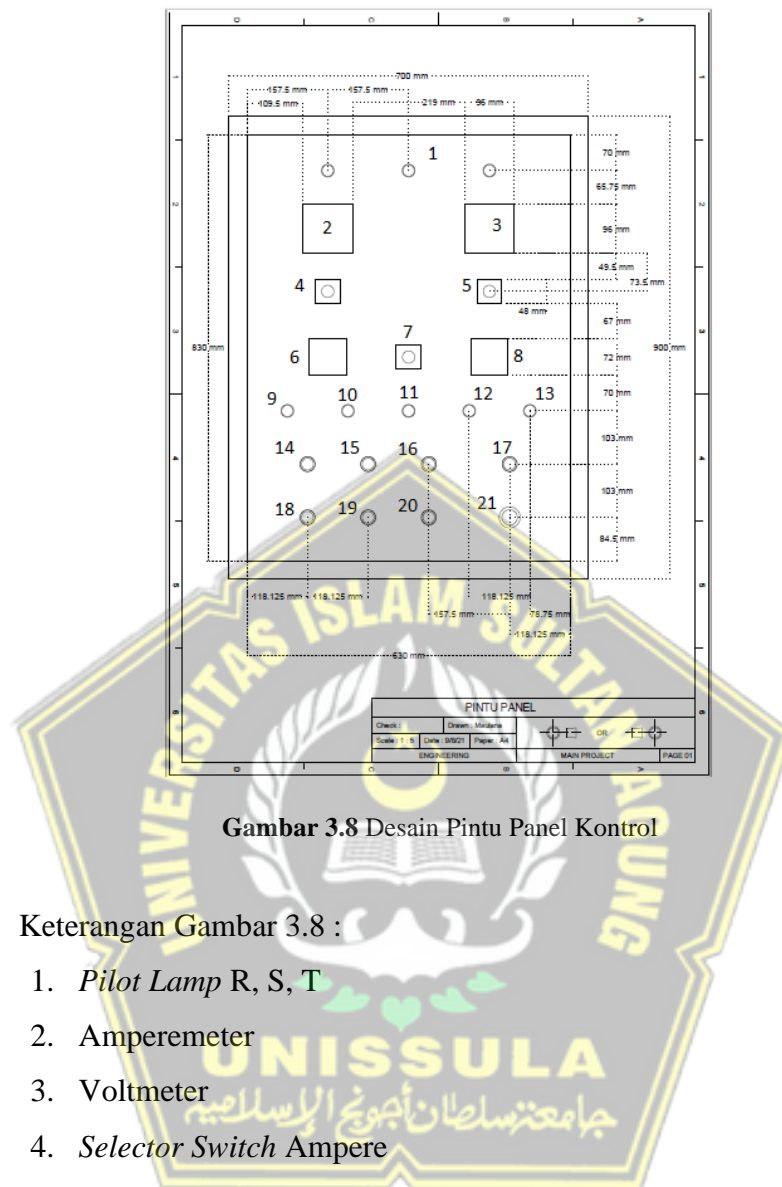
menggunakan *software* Autocad 2016 agar presisi dan memudahkan ketika pembuatan panel.

Penempatan komponen desain panel kontrol perlu merujuk pada katalog atau *datasheet* tiap komponen dikarenakan tiap komponen listrik didalamnya memiliki dimensi atau ketentuan khusus dalam pemasangannya yang berbeda beda. Berikut salah satu contoh dimensi yang disertakan pada katalog produk dapat dilihat pada Gambar 3.7 Katalog Dimensi dan karakteristik MCCB Chint.



Gambar 3.7 Katalog Dimensi dan Karakteristik MCCB Chint

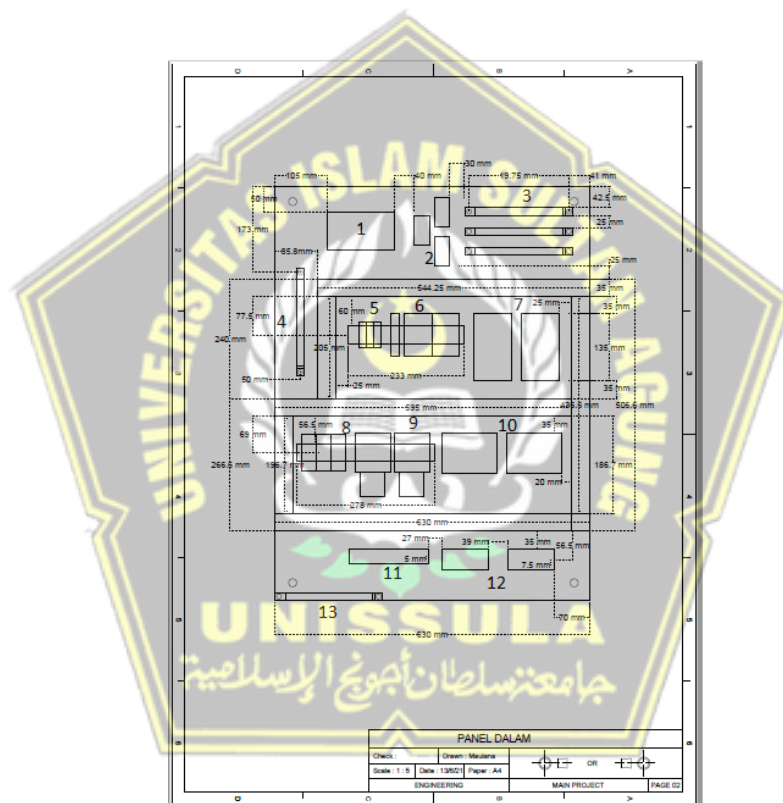
Gambar desain panel kontrol yang telah selesai dapat dilihat pada gambar 3.8 , 3.9, dan 3.10 berikut :



**Gambar 3.8** Desain Pintu Panel Kontrol

- Keterangan Gambar 3.8 :
  1. *Pilot Lamp R, S, T*
  2. *Amperemeter*
  3. *Voltmeter*
  4. *Selector Switch Ampere*
  5. *Selector Switch Volt*
  6. *Timer*
  7. *Selector Switch Auto Manual*
  8. *Thermocontrol*
  9. *Pilot lamp Blower On*
  10. *Pilot lamp Heater On*
  11. *Pilot lamp Mode Auto On*
  12. *Overload lamp 1*
  13. *Overload Lamp 2*

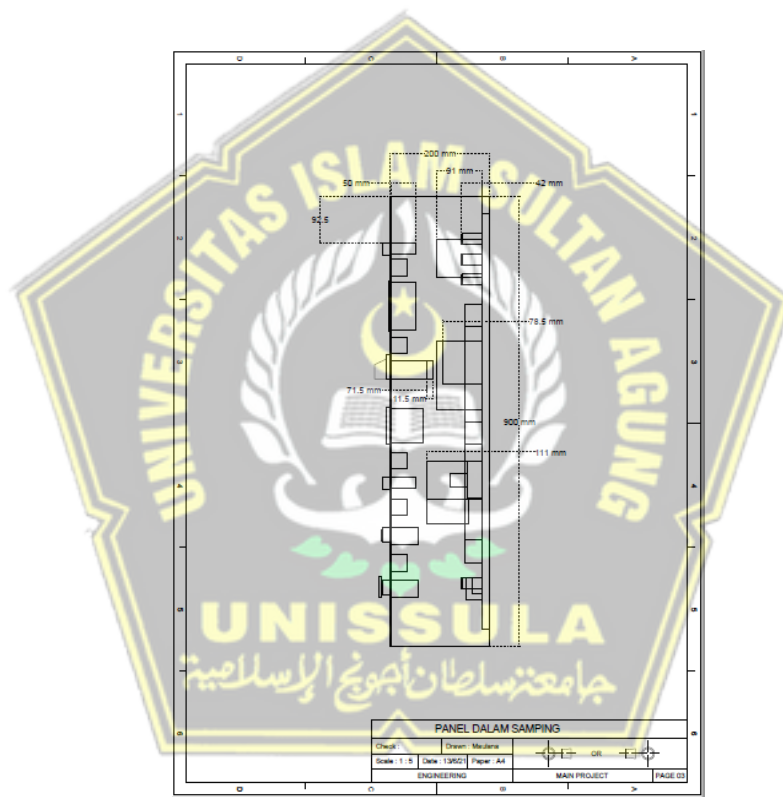
14. *Push button Blower On*
15. *Push button Heater On*
16. *Push button Auto On*
17. *Pilot lamp Emergency Engage*
18. *Push button Blower Off*
19. *Push button Heater Off*
20. *Push button Reset*
21. *Emergency Stop Button*



**Gambar 3.9** Desain Panel Bagian Dalam

- Keterangan Gambar 3.9 :
  1. *Main breaker*
  2. *Trafo arus*
  3. *Busbar R S T*
  4. *Busbar Netral*
  5. *Box Sekring*

6. MCB
7. MCCB
8. Rele
9. Kontaktor *Blower*
10. Kontaktor *Heater*
11. *Terminal block blower*
12. *Terminal Block Heater*
13. Busbar *Ground*



**Gambar 3.10** Desain Panel Bagian Dalam Samping

### 3.6 Perakitan Panel Kontrol

Proses perakitan panel kontrol dilakukan secara berurutan dan sesuai dengan desain yang telah dibuat. Berikut merupakan urutan dan proses perakitan pada panel kontrol.

### 3.6.1 Pemotongan dan Pelubangan Plat Box Panel

Pada umumnya box panel yang baru dibeli dari toko atau penyedia bahan panel masih dalam bentuk utuh polos dan tidak ada lubang dengan komponen bawaan berupa pintu dan kunci panel serta loyang atau papan panel tempat komponen kontrol didalamnya yang dapat ditunjukkan pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Bahan Box Panel polos

Proses pelubangan atau pemotongan plat box panel dilakukan sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya dan dilakukan dengan menggunakan alat pertukangan berupa *Jigsaw*, *holesaw* dan gerinda potong. Pengukuran menggunakan penggaris atau meteran serta menandai dan memberi garis bantu menggunakan pensil atau marker dilakukan agar pemotongan presisi.



Gambar 3.12 Pengukuran dan Pemberian Garis Bantu Pintu Panel



**Gambar 3.13** Pelubangan Pintu Panel



**Gambar 3.14** Pematangan Plat Pintu Panel dengan Gerinda

Setelah melakukan pelubangan bagian pintu panel, loyang panel yang berapa didalam box di keluarkan dan dilakukan pengukuran serta penandaan untuk penempatan layout komponen berdasarkan desain panel.

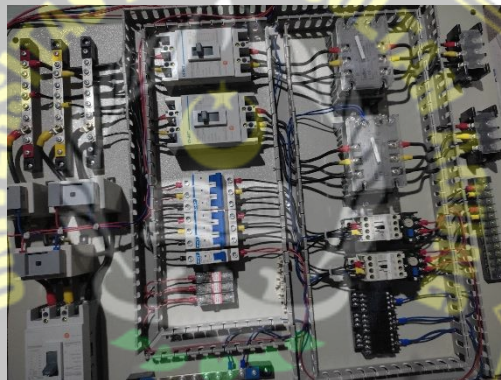


**Gambar 3.15** Pengerjaan Layout Papan Panel

Setelah pengerjaan penandaan dan pelubangan papan panel dapat dilakukan langkah selanjutnya berupa pemasangan komponen dan *wiring* / pengkabelan.

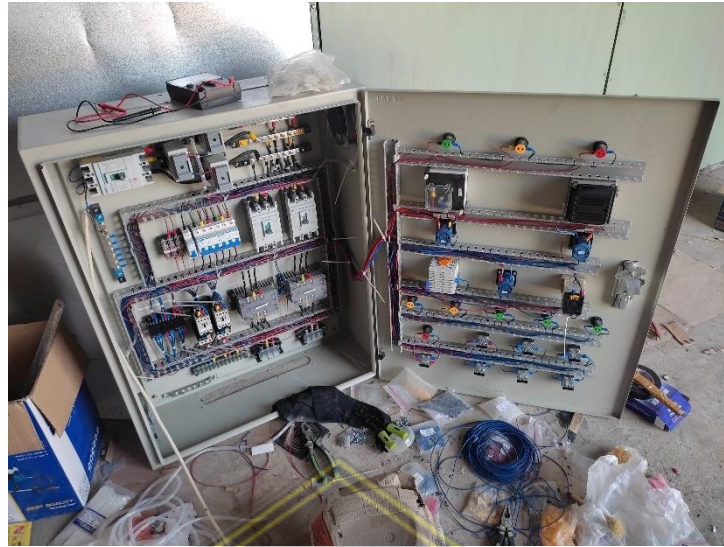
### 3.6.2 Pemasangan Komponen dan *Wiring*

Pemasangan komponen dan pengkabelan harus dilakukan dengan teliti sesuai desain rangkaian kontrol agar tidak terjadi kesalahan sehingga harus dilakukan perbaikan pekerjaan yang rumit. Selain ketelitian alur pengkabelan juga harus diperhatikan agar rapi dan bahan yang digunakan tidak terbuang sia-sia. Berikut proses pemasangan komponen dan wiring yang ditunjukkan pada gambar 3.16.



Gambar 3.16 Pemasangan Komponen dan *Wiring* Panel

Rangkaian yang sudah dipasang dan dilakukan pengawatan dapat dilakukan pengecekan atau peninjauan kembali dengan menggunakan Multitester untuk memastikan seluruh pengkabelan dan koneksi antar komponen tersambung dengan baik dan benar seperti gambar yang ditunjukkan pada gambar 3.17.



**Gambar 3.17** Proses Pengecekan Koneksi Dan Sambungan Antar Komponen Panel

### 3.7 Pemasangan Panel Kontrol Oven

Setelah pengecekan sambungan dan pengkabelan selesai panel kontrol dipasang pada struktur bangunan oven untuk disambungkan ke rangkaian tenaga yaitu blower dan elemen heater. Pemasangan pada dinding ruang oven harus memperhatikan struktur dasar pada desain bangunan ruang oven, dimana letak titik tumpu yang kuat untuk pemasangan baut penyangga panel sehingga panel dapat menempel kuat. Penambahan struktur tulangan besi sebagai penyangga dibuat dan dipasang agar panel dapat menempel pada dinding ruang oven dapat dilihat pada gambar 3.18.



**Gambar 3.18** Penambahan struktur penyangga panel kontrol



Setelah panel kontrol terpasang pada dinding, panel kontrol dihubungkan pada rangkaian elemen pemanas, motor blower, serta pemasangan sensor panas (*Thermocouple*) dan kemudian disambungkan dengan suplai listrik PLN.



**Gambar 3.19** Motor Blower Terhubung dengan Rangkaian Panel



**Gambar 3.20** Pengecekan Akhir Sambungan Kabel Elemen Pemanas dan Motor Blower



**Gambar 3.21** Rangkaian Keseluruhan Oven Pemanas dan Blower dan Sensor

### 3.8 Kriteria Pengujian Alat

Pengujian alat dilaksanakan setelah seluruh proses rancang bangun diselesaikan dalam kata lain alat sudah jadi sepenuhnya dan siap untuk digunakan. Kriteria pengujian dibuat menggunakan acuan dari fungsi atau fitur yang diinginkan dalam sistem kontrol panel berdasarkan proses produksi pabrik dan juga kesesuaian langkah operasi berdasarkan rangkaian kontrol yang telah dibuat.

Berikut merupakan poin kriteria pengujian alat yang digunakan sebagai acuan :

#### 1. Pengujian tanpa beban

##### a. Pengujian Tegangan dan Arus *Input*

Kriteria pengujian berupa indikator dan instrumen pengukuran pada pintu panel berupa *pilot lamp*, *voltmeter*, *amperemeter*, yang bertujuan untuk mengetahui bahwa panel terdistribusi listrik secara baik dan benar.

##### b. Pengujian Kerja Oven

Pengujian ini dilakukan dengan dua tahap yaitu secara otomatis dan manual. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bahwa kontrol motor listrik bekerja, kontrol suhu berfungsi ketika adanya perubahan suhu / batas suhu yang ditentukan dan *timer* / rele tunda waktu berfungsi ketika waktu kerja oven yang dikehendaki telah tercapai, pengujian sinyal lampu dan suara sebagai tanda kerja oven telah selesai.

##### c. Pengujian Proteksi dan Emergency

Pengujian dilakukan dengan simulasi overload motor blower dan juga tombol emergency seakan-akan terjadi gangguan beserta pemecahan masalah yang harus dilakukan serta peninjauan indikator dan instrumen yang ada pada pintu panel lainnya.

#### 2. Uji Produksi

Merupakan pengujian dengan menggunakan beban berupa bahan baku produksi untuk menentukan bahwa alat yang dibuat layak untuk digunakan pada proses produksi kedepannya dengan indikator kelayakan berupa kondisi atau kualitas hasil produksi bahan baku setelah pengujian.

## BAB IV HASIL DAN PENGUJIAN

### 4.1 Hasil Rancang Bangun

Dari proses rancangan dan pengerjaan didapatkan hasil sebuah panel kontrol oven pengering listrik dengan sistem manual dan otomatis yang dapat dilihat pada gambar 4.1 dan 4.2 berikut :



**Gambar 4.1** Panel Kontrol Tampak Luar



**Gambar 4.2** Panel Kontrol Tampak Dalam

## 4.2 Pengujian Panel Kontrol Oven Pemanas

Panel kontrol yang telah selesai dibuat kemudian diuji apakah bekerja dengan baik sesuai desain yang dibuat atau tidak. Untuk mengetahui bagaimana panel bekerja dengan baik ada beberapa indikator dan poin yang harus diperhatikan.

### 4.2.1 Pengujian Oven Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban merupakan pengujian yang dilakukan tanpa adanya beban dengan beberapa parameter dan pengaturan yang diterapkan pada oven untuk mengetahui kesesuaian kerja alat ketika beroperasi tanpa resiko terjadi kerugian bahan baku produksi pengujian dilakukan minimal 3 kali untuk mendapatkan data yang lebih akurat dan melihat konsistensi dari kerja panel kontrol.

#### 4.2.1.1 Pengujian Tegangan dan Arus Input

Dalam pengujian ini indikator yang menunjukkan bahwa panel kontrol teraliri listrik adalah *pilot lamp*, *amperemeter*, dan *voltmeter*. Pengujian dilakukan sebagai berikut :

- Keadaan 1 : Pengaman utama / *Main Breaker* dalam keadaan off atau trip, seluruh *selector switch off*, seluruh tombol tidak ditekan, indikator berupa *pilot lamp*, *amperemeter*, dan *voltmeter* harus tidak menyala atau menunjukkan angka 0.
- Keadaan 2 : Pengaman utama / *Main breaker* on selector switch voltmeter posisi On , beban kosong, pilot Lamp R S T menyala Voltmeter Menunjuk Angka, Ampere 0

**Tabel 4.1** Hasil Percobaan 1 Pengujian Tegangan Dan Arus Input

Posisi Main Breaker	lampu indikator fasa			Meter									
				Ampere			Volt						
	R	S	T	R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	
Off / Trip	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
On	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	

**Tabel 4.2** Hasil Percobaan 2 Pengujian Tegangan Dan Arus Input

Posisi Main Breaker	lampu indikator fasa			Meter									
				Ampere			Volt						
	R	S	T	R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	
Off / Trip	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
On	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	

**Tabel 4.3** Hasil Percobaan 3 Pengujian Tegangan Dan Arus Input

Posisi Main Breaker	lampu indikator fasa			Meter									
				Ampere			Volt						
	R	S	T	R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R	
Off / Trip	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
On	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	

#### 4.2.1.2 Analisa Pengujian Tegangan Dan Arus Input

Tegangan listrik 3 fasa sesuai masuk dengan desain yang dirancang, dimana pada saat Circuit breaker dihidupkan tegangan listrik 3 fasa masuk dengan baik dengan ditandai “lampu indikator R, S, dan T” menyala dan Voltmeter menunjukkan jumlah tegangan yang masuk. Begitu pula pada saat circuit breaker dimatikan indikator “lampu R, S, dan T” padam. Hal tersebut sangat penting mengingat beban yang menggunakan tegangan 3 fasa harus ditenagai dengan ketiga fasa tersebut dan tidak boleh hilang disalah satu fasanya yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan seperti pada motor induksi 3 fasa serta menghindari kecelakaan kerja mengingat besarnya daya yang digunakan apabila terjadi short circuit atau kesalahan instalasi. Dari pengujian 1, 2, dan 3, menunjukkan hasil yang sama dimana fungsi kontrol tetap konsisten dan bekerja dengan baik.

**Gambar 4.3** Panel Teraliri Tegangan





**Tabel 4.12** Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Otomatis

Input	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen		
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol	sirine
Pb. Blower Off	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Pb. Heater Off	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Pb. Reset	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Waktu TimerTercapai	1	1	1	0	0	1	0	0	1

#### 4.2.1.4 Analisa Pengujian Rangkaian Kontrol Otomatis

Pada pengujian kontrol secara otomatis, sistem kerja atau operasi kerja panel yang didapatkan sesuai dengan rancangan awal dan keinginan pelanggan dimana pengoperasian hanya dengan memasukan nilai batas suhu dan batas waktu tunda lalu menekan satu tombol “Auto On” alat dihidupkan dan menunggu proses produksi dengan alarm sinyal sirine. Kepraktisan sistem kontrol tersebut diperoleh dengan adanya modul elektronik Thermocontrol yang terpasang dengan input nilai seting suhu dan nilai perubahan suhu aktual yang dibaca oleh Thermocouple sehingga suhu ruangan oven yang diinginkan akan konstan pada nilai yang diinginkan dengan proses pengaktifan dan penonaktifan elemen pemanas melalui kontrol elektronik Thermocontrol serta dengan adanya rele tunda waktu yang otomatis akan melakukan eksekusi berupa pengaktifan atau penonaktifan suatu rangkaian. Selain dari segi kepraktisan faktor keselamatan juga penting dimana, ketika sistem kontrol pada mode otomatis sistem tidak dapat di interupsi atau diganggu kerjanya dengan menekan tombol yang digunakan untuk pengoperasian sisi manual yang apabila terjadi interupsi dapat mengakibatkan gagal produk atau kesalahan produksi yang merugikan nantinya. Hanya tombol “Reset” atau “Emergency button” (apabila keadaan darurat) yang dapat digunakan untuk mematikan rangkaian otomatis. Dari pengujian 1, 2, dan 3, menunjukkan hasil yang sama dimana fungsi kontrol tetap konsisten dan bekerja dengan baik.

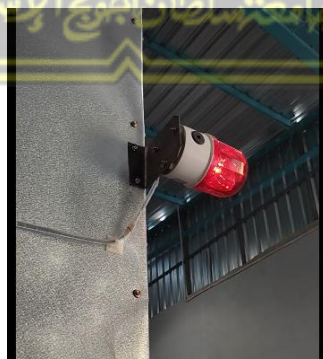




**Gambar 4.4** Pengujian Panel Mode Otomatis Suhu di bawah Batas Setelan



**Gambar 4.5** Pengujian Panel Mode Otomatis Suhu Setelan Tercapai



**Gambar 4.6** Sirine Menyala Saat Timer Selesai Menghitung Batas Waktu Operasi

#### 4.2.1.5 Pengujian Rangkaian Kontrol Manual

Dalam pengujian ini indikator dan syarat yang menunjukkan rangkaian kontrol manual bekerja dengan baik adalah sebagai berikut :

1. Posisi *Main breaker* On , MCB Kontrol On, Posisi *Selector Switch* “Manual”
2. Lampu “indikator *Blower*” Menyala saat tombol “Blower On” ditekan,
3. Lampu “indikator *Heater*” Menyala saat tombol “Heater On” ditekan,
4. “Indikator heater” baru bisa menyala setelah “Indikator Blower” Menyala (Eksekusi Harus Berurutan).
5. “indikator Auto” sama sekali tidak menyala ketika tombol apapun ditekan
6. “rele waktu” tidak bekerja ketika tombol apapun ditekan
7. Tombol “Heater Off” untuk mematikan pemanas
8. Tombol “Blower Off” untuk mematikan motor Blower dan juga Heater.
9. tombol “Reset” untuk mematikan rangkaian seperti awal mula.
10. Thermocontrol menyala mengukur suhu aktual didalam ruangan oven
11. Suhu tercapai menyala “Sirine” Hidup
12. Suhu turun “Sirine” Mati
13. Menurunkan suhu dengan mematikan pemanas dengan menekan tombol “Heater Off”

**Tabel 4.13** Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Blower Dan Heater

Tombol yang ditekan	urutan tekan		lampu indikator			Instrumen	
	1	2	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Blower On	1		1	0	0	0	1
		1	1	0	0	0	1
Heater On	1		0	0	0	0	1
		1	1	1	0	0	1

**Tabel 4.14** Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Reset dan Auto On

Tombol yang ditekan	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Reset	1	1	1	0	0	0	0	0
Auto On	1	1	1	0	0	0	0	1

**Tabel 4.15** Hasil Pengujian 1 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun (*breakdown*)

input	Pembacaan Sensor Suhu	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen		
		R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol	sirine
<i>Pb. heater on</i>	suhu tercapai	1	1	1	1	1	1	0	1	1
<i>Pb. heater off</i>	suhu turun ( <i>breakdown</i> )	1	1	1	1	0	1	0	1	0

**Tabel 4.16** Hasil Pengujian 1 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual

Input	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
<i>Pb. Blower Off</i>	1	1	1	0	0	0	0	1
<i>Pb. Heater Off</i>	1	1	1	1	0	0	0	1
<i>Pb. Reset</i>	1	1	1	0	0	0	0	0

**Tabel 4.17** Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Blower Dan Heater

Tombol yang ditekan	urutan tekan		lampu indikator			Instrumen	
	1	2	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Blower On	1		1	0	0	0	1
		1	1	0	0	0	1
Heater On	1		0	0	0	0	1
		1	1	1	0	0	1

**Tabel 4.18** Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual Dengan Tombol Reset dan Auto On

Tombol yang ditekan	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Reset	1	1	1	0	0	0	0	0
Auto On	1	1	1	0	0	0	0	1

**Tabel 4.19** Hasil Pengujian 2 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun (*breakdown*)

input	Pembacaan Sensor Suhu	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen		
		R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol	sirine
Pb. heater on	suhu tercapai	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Pb. heater off	suhu turun ( <i>breakdown</i> )	1	1	1	1	0	1	0	1	0

**Tabel 4.20** Hasil Pengujian 2 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual

Input	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Pb. Blower Off	1	1	1	0	0	0	0	1
Pb. Heater Off	1	1	1	1	0	0	0	1
Pb. Reset	1	1	1	0	0	0	0	0

**Tabel 4.21** Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual

Dengan Tombol Blower Dan Heater

Tombol yang ditekan	urutan tekan		lampu indikator			Instrumen	
	1	2	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Blower On	1		1	0	0	0	1
		1	1	0	0	0	1
Heater On	1		0	0	0	0	1
		1	1	1	0	0	1

**Tabel 4.22** Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Menghidupkan Oven Mode Manual

Dengan Tombol Reset dan Auto On

Tombol yang ditekan	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Reset	1	1	1	0	0	0	0	0
Auto On	1	1	1	0	0	0	0	1

**Tabel 4.23** Hasil Pengujian 3 Pengaruh tercapainya suhu setelan dan suhu turun (*breakdown*)

input	Pembacaan Sensor Suhu	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen		
		R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol	sirine
Pb. heater on	suhu tercapai	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Pb. heater off	suhu turun ( <i>breakdown</i> )	1	1	1	1	0	1	0	1	0

**Tabel 4.24** Hasil Pengujian 3 Rangkaian Kontrol untuk Mematikan Oven Mode Manual

Input	lampu indikator fasa			lampu indikator			Instrumen	
	R	S	T	blower	heater	auto	timer	thermocontrol
Pb. Blower Off	1	1	1	0	0	0	0	1
Pb. Heater Off	1	1	1	1	0	0	0	1
Pb. Reset	1	1	1	0	0	0	0	0

#### 4.2.1.6 Analisa Pengujian Rangkaian Kontrol Manual

Sistem Manual seperti pada sistem operasi pada umumnya dimana untuk menghidupkan suatu alat harus menekan tombol satu persatu sesuai dengan kebutuhannya. Faktor pembeda dalam sistem manual ini adalah adanya sistem interlock pengaktifan berurutan antar rele kontrol pada sistem pengoperasiannya untuk menunjang keamanan. Oven merupakan alat pemanas dengan ruang tertutup dimana udara yang keluar masuk diatur sedemikian rupa agar pemanasan berlangsung optimal, pemanas listrik menggunakan elemen pemanas berupa kawat penghantar membara yang ada pada intinya. Pada titik suhu tertentu penghantar kawat pemanas tersebut dapat meleleh dan terputus sehingga tidak dapat bekerja sebagaimana mestinya makadari itu kipas blower diperlukan agar udara tetap bersirkulasi dan dapat menyerap panas dari elemen hingga masih berada pada batas aman dari kerusakan elemen dan disalurkan keruangan. Sistem interlock pengaktifan berurutan dimulai dari pengaktifan kipas / Blower dan kemudian baru dapat mengaktifkan Pemanas tersebut yang berfungsi agar memastikan sebelum elemen pemanas hidup udara yang ada diruangan dan saluran udara/ducting sudah bersirkulasi secara optimal terlebih dahulu dan elemen pemanas tidak mengalami kerusakan akibat panas yang mencapai titik lelehnya. Begitu pula sebaliknya dalam proses penonaktifannya dimana apabila “push button Blower Off” ditekan maka daya elemen pemanas juga diputus untuk menanggulangi resiko kerusakan. Untuk pengaturan suhu pada mode “Manual” fungsi thermocontrol hanya sebagai penampil suhu aktual ruangan oven dan alarm sirine yang berbunyi saat overheat pada batas yang ditentukan. Untuk menurunkan suhu ruangan dilakukan pemutusan daya pada Heater dengan menekan “push button Heater Off” dan dapat dihidupkan kembali untuk menaikkan suhu sesuai kehendak dengan menekan tombol “push button Heater On”. Pada mode manual ini timer tidak bekerja. Dari pengujian 1, 2, dan 3, menunjukkan hasil yang sama dimana fungsi kontrol tetap konsisten dan bekerja dengan baik.



**Gambar 4.7** Pengujian Kontrol On Manual



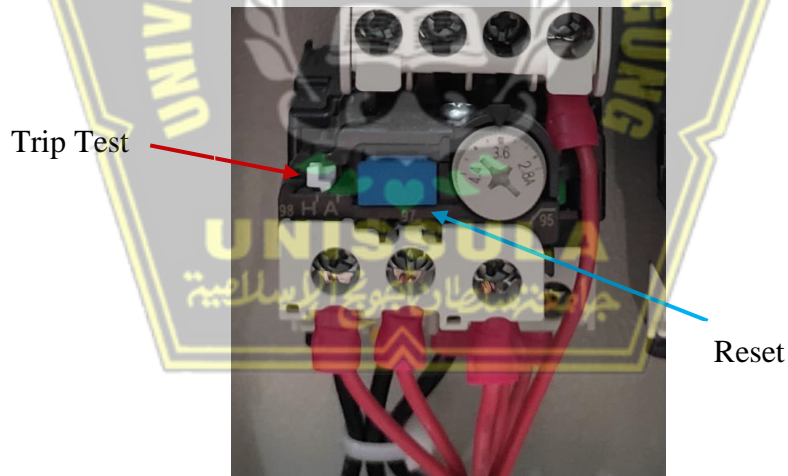
**Gambar 4.8** Pengujian Kontrol Off Manual

#### 4.2.1.7 Pengujian Proteksi Dan *Emergency Stop*

Pengujian dilakukan dalam bentuk simulasi seakan-akan terjadi gangguan pada rangkaian yang ada pada panel kontrol. Pengujian Proteksi dilakukan dengan melakukan trip secara manual pada komponen pengaman seperti *Thermal Overload Relay* (TOR). Pengujian *emergency stop* atau penghentian darurat pada dasarnya mensimulasikan kendali untuk mematikan seluruh rangkaian kontrol ketika terjadinya keadaan yang tidak diinginkan yang mengharuskan melakukan pemutusan suplai tenaga secepat mungkin.

##### 1. Pengujian Overload

Pengujian dilakukan saat keadaan Sistem Kontrol sedang bekerja dimana semua indikator lampu dan instrumen menyala atau bekerja. Bagian yang paling utama dan seringkali terjadi gangguan adalah pada bagian yang bergerak dimana motor listrik berputar ketika sistem bekerja. Dari hal tersebut pengujian *Thermal Overload Relay* (TOR) dapat dilihat pada gambar 4.10.



**Gambar 4.9** Titik Uji Simulasi Trip Dan Reset

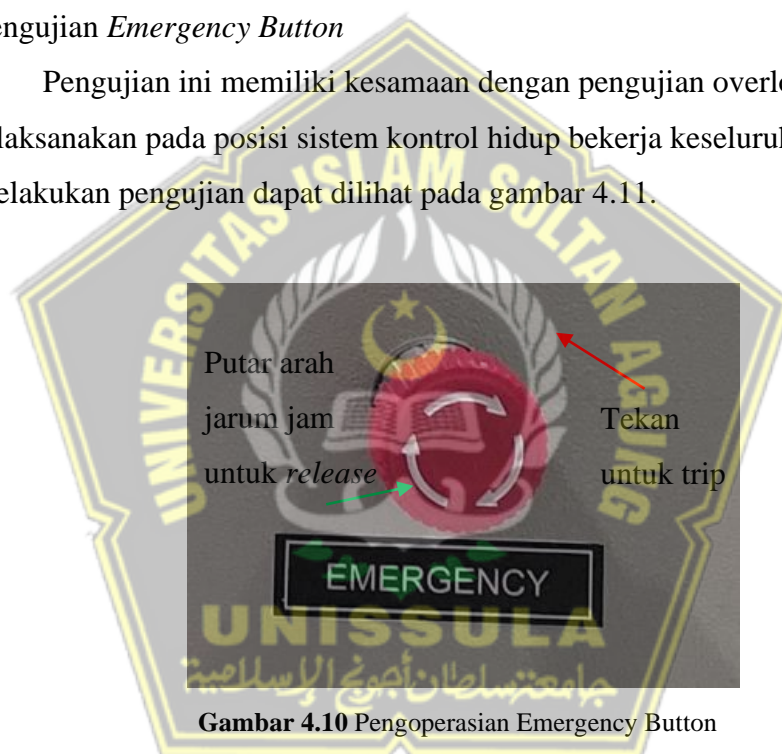
Pengujian ini memiliki indikator dan syarat agar dikatakan berfungsi dengan baik sebagai berikut :

1. Kondisi seluruh sistem kontrol sedang berfungsi.
2. Simulasi trip dengan menekan tombol "*Trip Test*" menggunakan obeng kecil.

3. Instrumen “*Timer, thermocontrol, indikator blower dan heater*” Off
4. Lampu overload menyala.
5. Seluruh push button tidak bekerja
6. Tekan tombol Reset pada TOR untuk mengembalikan seperti kondisi awal sistem.
7. Lampu overload padam
8. Sistem kontrol dapat digunakan kembali.

## 2. Pengujian *Emergency Button*

Pengujian ini memiliki kesamaan dengan pengujian overload dimana dilaksanakan pada posisi sistem kontrol hidup bekerja keseluruhan. Untuk melakukan pengujian dapat dilihat pada gambar 4.11.



**Gambar 4.10** Pengoperasian Emergency Button

**Tabel 4.25** Hasil Pengujian 1 Proteksi dan Emergency Stop

Simulasi Proteksi	lampu indikator fasa			Meter									lampu indikator					Instrumen	
	R	S	T	Ampere			Volt						blower	heater	auto	OL	Emg	timer	TC
				R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R							
Normal	1	1	1	38	38	38	220	220	220	380	380	380	1	1	1	0	0	1	1
Trip	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	1	0	0	0
Reset	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	0	0	1
Emg	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	1	0	0



**Tabel 4.26** Hasil Pengujian 2 Proteksi dan Emergency Stop

Simulasi Proteksi	lampu indikator fasa			Meter									lampu indikator					Instrumen	
	R	S	T	Ampere			Volt						blower	heater	auto	OL	Emg	timer	TC
				R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R							
Normal	1	1	1	38	38	38	220	220	220	380	380	380	1	1	1	0	0	1	1
Trip	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	1	0	0	0
Reset	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	0	0	1
Emg	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	1	0	0

**Tabel 4.27** Hasil Pengujian 3 Proteksi dan Emergency Stop

Simulasi Proteksi	lampu indikator fasa			Meter									lampu indikator					Instrumen	
	R	S	T	Ampere			Volt						blower	heater	auto	OL	Emg	timer	TC
				R	S	T	R-N	S-N	T-N	R-S	S-T	T-R							
Normal	1	1	1	38	38	38	220	220	220	380	380	380	1	1	1	0	0	1	1
Trip	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	1	0	0	0
Reset	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	0	0	1
Emg	1	1	1	0	0	0	220	220	220	380	380	380	0	0	0	0	1	0	0

#### 4.2.1.8 Analisa Pengujian Rangkaian Kontrol Manual

Pengujian proteksi dan emergency stop yang telah dilakukan dapat dianalisa bahwa sistem berfungsi sebagaimana mestinya dan sesuai desain perencanaan awal. Simulasi trip dilakukan untuk menanggulangi terjadinya kesalahan dalam sistem pengamanan suatu instalasi listrik yang berbahaya dan tentunya merugikan berbagai macam pihak. Pada Thermal Overload Relay (TOR) kontak NC kontrol dipasang dengan sumbu yang sama dengan kontak NO Lampu Indikator “Overload” yang secara langsung apabila kontak NC kontrol utama bekerja maka Indikator “Overload” menyala untuk memberikan informasi bahwa terdapat suatu kerusakan atau ketidaksesuaian pada alat yang berakibat beban lebih pada alat tersebut. Fungsi tombol reset digunakan untuk mengembalikan posisi awal sistem kontrol setelah gangguan atau masalah pada alat terpecahkan. Push button Emergency stop memiliki fungsi yang sama dengan TOR untuk memutuskan rangkaian kontrol agar padam namun dengan versi sederhana secara mekanikal dimana apabila di tekan maka “Push button Emergency stop” akan terkunci posisinya dan dapat di-reset dengan melakukan release dengan memutar knob kearah jarum jam. Emergency stop digunakan saat operator Panel mendeteksi adanya keadaan darurat yang mengharuskan untuk mematikan alat seketika. Pada dasarnya tombol Emergency hanya bisa diaktifkan secara manual tidak seperti Thermal Overload Relay (TOR) yang bekerja berdasarkan prinsip pemuai logam

bimetal pada suhu tertentu. Dari pengujian 1, 2, dan 3, menunjukkan hasil yang sama dimana fungsi kontrol tetap konsisten dan bekerja dengan baik.

#### 4.2.2 Uji Produksi

Pengujian produksi memiliki indikator dan persyaratan untuk mengetahui kelayakan dan penentuan baik atau tidaknya kerja oven beserta instrumen pengontrolan keseluruhan yang terpasang untuk melakukan proses produksi. Berikut merupakan indikator dan syarat yang digunakan dalam pengujian :

1. Uji produksi dilakukan setelah Pengujian tanpa beban dinyatakan baik atau berhasil.
2. Pengujian dilakukan memberikan beban pada oven berupa bahan baku sisik ikan basah dengan jumlah maksimal daya tampung ruangan oven sebesar 1 ton
3. Pada pengaturan suhu maksimal di *setting* pada 70°Celsius, dan waktu penonaktifan pengeringan setiap 3 jam hingga mencapai kondisi kering.
4. Indikator pengujian berupa waktu pemanasan / pengeringan, dan hasil bahan baku yang telah dikeringkan.



**Gambar 4.11** Proses Pemuatan Bahan Baku Pada Rak Oven Untuk Pengujian Produksi



Gambar 4.12 Suhu Pengaturan Suhu Uji Produksi

#### 4.2.2.1 Hasil Pengujian

Hasil pengujian pengeringan berdasar waktu penonaktifan pengering setiap 3 Jam hingga mencapai kondisi kering dapat dilihat pada tabel 4.28 berikut :

Tabel 4.28 Hasil pengujian pengeringan

Pengeringan /3 jam	Kondisi Bahan Sisik			Keterangan	Status
	Basah	Sedang	Kering		
0	1	0	0	Start pengeringan	Belum
1	1	0	0	Cek 1	Belum
2	0	1	0	Cek 2	Belum
3	0	0	1	Cek 3	OK

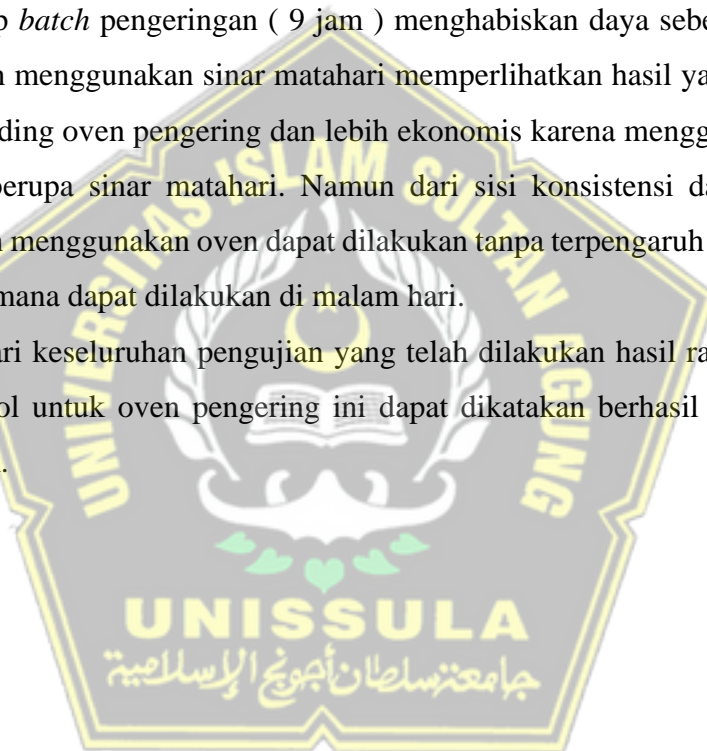


Gambar 4.13 Hasil Sisik Kering

#### 4.2.2.2 Analisa Pengujian Pengeringan

Selain menguji kerja oven dan rangkaian kontrol untuk pengoperasian, acuan waktu pengeringan digunakan untuk mengetahui perbandingan pengeringan menggunakan sinar matahari dengan menggunakan oven. Penjemuran bergantung pada cuaca dan umumnya dilakukan pada pagi hingga sore hari dengan perkiraan 8 jam pengeringan dibawah sinar matahari. Penjemuran tidak dilakukan ketika hujan. Hasil pengeringan menggunakan oven membutuhkan waktu 9 jam untuk proses pengeringan berdasarkan pengecekan ke-3 pada tabel 4.28. Dengan daya 24kW setiap *batch* pengeringan ( 9 jam ) menghabiskan daya sebesar 216 kWh. Pengeringan menggunakan sinar matahari memperlihatkan hasil yang lebih cepat 1 jam dibanding oven pengering dan lebih ekonomis karena menggunakan energi dari alam berupa sinar matahari. Namun dari sisi konsistensi dan kontinuitas pengeringan menggunakan oven dapat dilakukan tanpa terpengaruh cuaca dan jam produksi dimana dapat dilakukan di malam hari.

Dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan hasil rancang bangun panel kontrol untuk oven pengering ini dapat dikatakan berhasil dan berfungsi dengan baik.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Pada penelitian rancang bangun panel kontrol sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri 24 kW ini dapat ditarik beberapa kesimpulan

1. Pada mode manual operasi dan pemantauan menggunakan tenaga manusia secara terus menerus. Kontrol manual hidup dan mati antara *blower* dan elemen pemanas dilakukan berurutan dan saling *interlock* menggunakan kontak bantu NO “K1”, “K2”, *push button blower* dan *interlock* rele “R1” berada sebelum rangkaian *push button Heater* dan rele *heater* “R2”. Proses menghidupkan alat berurutan bertujuan meningkatkan nilai sistem proteksi pada sistem kontrol. Mode otomatis *Thermocontrol* bertugas sebagai pengatur, pembaca, penampil dan pengeksekusi sistem pengeringan dan *thermocouple* sebagai sensor suhu yang memberikan sinyal masukan. Rele *Timer* digunakan untuk eksekusi tunda waktu kerja rangkaian agar mematikan oven secara otomatis.
2. Rancang bangun panel kontrol dibuat berdasarkan data dan spesifikasi oven, dianalisa dengan perhitungan nilai beban, arus beban penuh, dan menghitung KHA. *Wiring diagram* dirancang dengan kaidah sistem kontrol seperti jumlah kontak yang ada, jenis kontak (NO atau NC), penomoran atau tanda *socket I/O* serta spesifikasi khusus yang dapat dilihat pada *datasheet* masing-masing komponen, dan standar instalasi tenaga listrik yang dapat dirujuk pada PUIL ( Persyaratan Umum Instalasi Listrik ). Perancangan layout berdasarkan dimensi komponen yang ada pada *datasheet* dan box panel kontrol berdasarkan desain struktur ruangan oven. Pembuatan alat dilakukan setelah seluruh analisa data , perhitungan, dan desain selesai.
3. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang dibuat bekerja dengan baik sesuai desain dan penggunaan. Dari pengujian didapatkan hasil kontrol sistem oven sesuai dengan rancangan. Pada uji produksi, bahan produksi berupa sisik ikan didapatkan pengeringan menggunakan oven

pengering berhasil dengan catatan waktu pengeringan dari kondisi basah hingga kering selama 9 jam. Dari hal tersebut juga hasil rancang bangun panel kontrol sistem manual dan otomatis oven pengering listrik industri dapat dikatakan berhasil dan berfungsi dengan baik.

## 5.2 Saran

Dari penelitian Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual Dan Otomatis Oven Pengering Listrik Industri 24 kW memberikan gambaran untuk memberikan beberapa saran berdasarkan kesimpulan

1. Proses rancang bangun memiliki proses yang panjang dimulai dari mencari data , menganalisa, memproses, kemudian mendesain hingga realisasi serta pengujian yang membutuhkan ketelitian dan kerja ekstra dalam mencari informasi dan pemecahan masalah dengan solusi terbaik maka perlu banyak melakukan latihan *critical thinking* agar proses dapat lebih mudah dilalui.
2. Dalam proses realisasi pembuatan alat perlu dilakukan beberapa *cross check* pada tiap bahan atau komponen yang didapat atau dibeli agar mengurangi kesalahan atau kekeliruan dalam proses perakitan alat.
3. Proses Rancang bangun tidak boleh terlepas dari perkembangan jaman dimana kemajuan jaman membuka kesempatan mempermudah proses kerja dan mengharuskan berpikiran terbuka untuk memberikan ide baru dan tepat guna yang mungkin berguna kedepannya.
4. Utamakan keselamatan dari segi apapun karena sebuah alat tidak akan berguna apabila membahayakan dan merugikan lingkungan sekitar.
5. Dalam rancang bangun panel kontrol oven pengering listrik alangkah baiknya ditambahkan referensi untuk nilai daya yang terpakai tiap jamnya (Wh) agar dapat mengetahui perbandingan produksi menggunakan metode lainnya.
6. Penambahan komponen berupa pengatur kelembaban dan *dehumidifier* dapat menjadi solusi lebih lanjut agar hasil pengeringan menggunakan oven listrik menjadi lebih baik dan meningkatkan percepatan pelepasan kadar air pada bahan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Saputro, “Rancangan Bangun Pembuatan Alat Panel Listrik Ats ( Automatic Transfer Switch ) – Amf ( Automatic Main Falure ) Sopyan Saputro Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta,” 2015.
- [2] Pratama, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin Roll Sheet Metal Untuk Pembuatan Genteng Model Bergelombang,” *Univ. Muhammadiyah Sumatera Utara*, vol. 2, no. 1507230291, pp. 1–75, 2019.
- [3] N. D. Purwanto, P. Wiyono, and A. W. Pratama, “Kontrol Suhu Otomatis Oven Vulkanisasi Konvensional di Laboratorium Unit Produksi Serabut Kelapa Berkaret,” *J. Ilm. Tek. Pertan. - TekTan*, vol. 12, no. 3, pp. 158–168, 2021, doi: 10.25181/tektan.v12i3.1935.
- [4] Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), “oven.” <https://kbbi.web.id/oven> (accessed Jun. 02, 2022).
- [5] D. Prih Sumardjati, “Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 2 untuk Sekolah Menengah Kejuruan,” *BSE*, 2008.
- [6] Triwiyanto Aris, “Buku Ajar Sistem Kontrol Analog,” *Univ. Diponegoro Semarang*, 2011.
- [7] Ogata Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1989.
- [8] Omron, “Miniature Power Relays:MY,” *Datasheet*, 2016. <http://www.ia.omron.com/> (accessed Aug. 08, 2021).
- [9] Mitsubishi Electric, *Magnetic Contactors and Magnetic Motor Technical Notes*. Tokyo: Mitsubishi Electric Corporation, 1990.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011),” *Sni 02252011*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.