

Oven Otomatis Untuk Memanggang Kue Bolu Marmer Berbasis PID

Kartika¹, Roswaldi Sk.² Julsam³, Mulyadi⁴, Misriana⁵

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang
Kampus Politeknik Negeri Padang – Limau Manis Padang 25166 INDONESIA

¹kartika_munir@yahoo.com

²roswaldi.sk7@gmail.com

³yulsam_ir@yahoo.com

⁴ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang
Kampus Politeknik Negeri Padang – Limau Manis Padang 25166 INDONESIA

⁴muyadiyusuf48@yahoo.co.id

⁵ Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

⁵misriana@pnl.ac.id

Abstrak— Artikel ini melaporkan hasil penelitian tentang pembuatan oven pemanggang kue bolu marmer dengan pengendali PID. Pada oven ini terdapat pengaturan kecepatan angin dengan melakukan pengendalian kecepatan motor dc yang meutar biah bilah, pengaturan suhu dengan menggunakan kontrol PID. Untuk mengatur kecepatan motor menggunakan kendali PWM dan driver BTS7960, sensor suhu yang digunakan termokopel tipe K. Semua pengendalian ini menggunakan arduino uno R3. Setelah melakukan uji coba, oven dapat berkeja dengan baik dengan suhu pemanggana 160°C dan waktu 28 menit

Kata kunci— Oven, PWM, Termokopel Tipe K, PID.

Abstract— This article reports the results of research on the manufacture of a marble sponge cake toaster with a PID controller. In this oven there is a wind speed regulation by controlling the speed of the dc motor which rotates the blades, the temperature setting by using the PID control. To regulate motor speed using PWM control and BTS7960 driver, the temperature sensor is used type K thermocouple. All of these controls use Arduino Uno R3. After conducting the test, the oven can work well with a holding temperature of 160°C and a time of 28 minutes

Keywords— Oven, PWM, Thermocouple Type K, PID.

I. PENDAHULUAN

Sponge cake atau yang lebih dikenal dengan nama kue bolu terbagi dari enam jenis salah satunya adalah bolu marmer. Ciri khas *sponge cake* adalah bolu dengan tekstur yang lembut seperti *sponge* dengan metode pembuatan telur dan gula dikocok dengan kecepatan tinggi sampai mengembang [1].

Kue Marmer atau biasa disebut *Marble Cake* adalah kue yang pada dasarnya berasal dari resep *pound* kue yang kemudian di isi pada loyang dengan tambahan layer adonan cokelat yang di aduk sedikit dengan ujung pisau sehingga memunculkan motif seperti marmer. Kue marmer ini berbahan dasar tepung terigu, butter, gula dan telur [2]. Selain mengenai adonan, sistem pemangangan kue bolu menggunakan oven perlu diperhatikan agar kue bolu dapat mengembang dan masak secara merata. Kemampuan elastisitas (daya kembang) gluten yang baik dapat dihasilkan antara lain melalui proses pengadukan adonan yang baik dan benar, dimana hal ini sekaligus akan meningkatkan kualitas struktur adonan sehingga mampu menahan lebih baik [1]. Kue marmer ini ditemukan pada abad ke-19 dimana pola yang terdapat pada kue marmer yaitu pencampuran adonan terang dan gelap. Biasanya, hidangan penutup pada saat itu umumnya dipanggang didalam loyang persegi yang kemudian dipotong berbetuk kotak dan disajikan di piring kue. Teknologi Selain gluten, struktur material adonan bakery seperti cake juga dapat diciptakan oleh udara yang terperangkap oleh matriks yang terbentuk dari ikatan antara protein, pati, dan lipid.

Oven adalah suatu alat masak yang biasa digunakan pada pembuatan kue, baik basah maupun kering, ataupun jenis makanan lain. Cara kerjanya adalah dengan dipanaskan dan

sumber panasnya diperoleh dengan meletakkannya di atas kompor, baik kompor minyak tanah maupun kompor gas. Kompor jenis ini disebut kompor konvensional. Tetapi, ada juga sumber panasnya berasal dari pemanas (filamen pemanas) yang diperoleh dari sumber energi listrik disebut kompor listrik. Pada kompor listrik, cara mengatur suhunya adalah dengan menempatkan filamen pemanasnya pada bagian atas dan bagian bawah, terkadang dibuat pula pada bagian kiri dan kanan. Untuk menghubungkan masing-masing filamen pemanas, dibuat saklar penghubung ke sumber tegangan listrik dan terkadang dilengkapi pula dengan termometer dan pengatur waktu. Masalah yang sering terjadi jika tidak mengontrol besaran suhu yang digunakan maka hasil pemangangan akan rusak [3]

Dalam memanggang kue bolu menggunakan oven, hal yang sangat perlu diperhatikan ialah waktu pemangangan dan berapa suhu yang dibutuhkan agar kue masak dan mengembang secara merata. Selain itu beberapa jenis kue memerlukan suhu dan waktu pemangangan yang berbeda-beda. Adanya kemajuan teknologi khususnya bidang kendali, memungkinkan proses pengendalian suhu dan pewaktuan dilakukan secara elektronik. Teknologi yang digunakan adalah kontrol Proportional Integrator Derivatif (PID). Suhu yang diinginkan pun dapat diatur besarnya, misalnya 100 °C, 160 °C, 185 °C, 200 °C dengan waktu 0 detik - 2 jam bahkan lebih, dengan suhu yang relative stabil pada waktu yang telah ditentukan, sehingga kue atau makanan lain yang dimasak pada oven listrik menjadi seperti yang diinginkan [3] [4][5]

Panas yang tidak sesuai dan tidak merata akan menyebabkan makanan yang dipanggang menjadi bantat atau keras dan justru hangus. Konsep pengendali suhu dimaksudkan

untuk mengatur temperature suatu ruang pada suhu tertentu. Oven yang digunakan untuk memanggang kue, sebaiknya dilengkapi dengan petunjuk suhu agar dapat mencapai hasil yang diinginkan [6][7].

Pada kondisi ini diperlukan setingan yang pas antara suhu, waktu dan udara agar diperoleh pengkondisian oven yang ideal dengan kualitas suhu yang diharapkan tercapai. Pengendalian waktu pada oven umumnya menggunakan timer. Timer pada oven listrik berfungsi untuk pengaturan waktu kerja yang akan memutus aliran listrik ke rangkaian pemanas jika suatu nilai waktu yang telah ditentukan terlampaui [8].

Pemanggangan merupakan salah satu proses pengolahan pangan yang menggunakan media panas dalam upaya pemasakan dan pengeringan bahan pangan. Pemanggangan juga memberikan efek pengawetan karena terjadi inaktivasi mikroba dan enzim serta penurunan Aw (aktivitas air). Pemanggangan dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung. Proses pemanggangan langsung menggunakan media panas yang bersinggungan langsung dengan bahan, sementara pemanggangan tidak langsung menggunakan alat pemanas yang akan memanaskan udara baru kemudian udara panas tersebut yang masuk ke dalam bahan pangan.

Proses pemanggangan menyebabkan perubahan warna, tekstur, aroma dan rasa dari bahan. Bahan yang paling sering diproses dengan memanggang adalah roti (bakery). Produk rotian terdapat dalam berbagai jenis. Klasifikasi sederhana produk rotian yang dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Produk yang mengembang melalui proses fermentasi ragi, misalnya roti.
2. Produk yang mengembang melalui penggunaan soda kue, misalnya cake, cookies.
3. Produk yang mengembang karena udara, misalnya jenis cake yang dibuat tanpa soda kue (angle cakes and sponge cakes).
4. Produk yang setengah mengembang, misalnya pie.

Selama pemanggangan akan terjadi pengembangan volume adonan, inaktifnya khamir dan enzim, karamelisasi yang membentuk warna coklat kulit roti, denaturasi protein dan gelatinisasi pati. Roti yang telah dipanggang perlu didinginkan (dibiarkan) sampai mencapai suhu kamar untuk memudahkan penanganan.

Oven listrik otomatis merupakan oven yang menggunakan energi listrik sebagai bahan bakar utama sebagai pembakaran oven dan tenaga listrik sebagai daya utama yang menggerakkan heater dan pengendali oven [8], Efek dari pemasakan dengan teknik oven ini sama dengan teknik kering lainnya tetapi tidak ada penambahan minyak dalam makanan sehingga permungkaannya menjadi crispy dan warna yang lebih terkendali. Fungsi dari pemanggangan tersebut untuk meningkatkan penampilan dan mematikan bakteri. Perambatan panas dari sumber panas ke dalam bahan makanan melalui beberapa cara yaitu;

- 1) Konduksi, dimana perambatan panas melalui benda perantara yang saling bersentuhan dengan bahan makanan yang di masak;
- 2) Konveksi, dimana perambatan panas melalui benda perantara dimana panas dari benda perantara tersebut ikut berpindah;
- 3) Radiasi, dimana perambatan panas melalui pancaran langsung dari sumber panas ke bahan makanan yang dimasak, panas langsung kebagian dalam bahan makanan kemudian menyebar ke seluruh bagian makanan.

Berbedanya alat, temperatur, dan waktu ketika bahan makanan mengalami proses pemasakan akan memberikan efek struktur, warna dan rasa yang berbeda.

Proses pemanggangan akan menyebabkan penurunan nilai gizi bahan yaitu kerusakan vitamin yang tidak tahan panas, misalnya vitamin C dan thiamin.

Perubahan akibat pemanggangan dipengaruhi oleh kondisi proses (suhu dan lama) serta jenis bahan yang dipanggang [9].

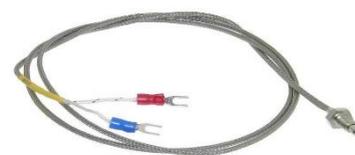
Oven merupakan alat yang digunakan untuk proses pemanggangan kue. Proses pemanggangan dengan oven menggunakan media yang dapat menampung suhu panas secara konstan sehingga bisa mendapatkan hasil pembakaran yang sempurna. Baik atau tidaknya sebuah oven tergantung dari bahan yang digunakan untuk menampung suhu panas, dimana material yang biasa digunakan antara lain tanah, keramik, plat besi dan aluminium[2].

Sensor Suhu

Sebuasuhu adalah alat yang digunakan untuk mengubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Ada beberapa metode yang digunakan untuk membuat sensor ini, salah satunya dengan cara menggunakan material yang berubah hambatannya terhadap arus listrik sesuai dengan suhunya.

Stabilitas dan daya tahan yaitu sejauh mana sensor mana sensor dapat secara konsisten memberikan besar sensitifitas yang sama terhadap suhu, serta seberapa lama sensor tersebut dapat digunakan. Suhu pemanggangan sponge cake pada oven sebesar 170 °C selama 28 menit [10]. Dengan melihat syarat-syarat penentuan jenis sensor maka digunakan sensor Thermocouple.

Termokopel adalah salah satu peralatan instrumentasi yang berfungsi sebagai sensor temperatur. Termokopel terdiri dari berbagai jenis dengan perbedaan bahan pembuatan, rentang pengukuran, serta sensitivitasnya. Termokopel tipe K terdiri dari bahan Chromel (Ni-Cr alloy) dan Alumel (Ni-Al alloy) yang memiliki rentang pengukuran temperatur dari - 270oC hingga 1350oC dengan sensitivitas 40,6 µV/oC, seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Thermocouple tipe K

Elemen Pemanas

Elemen pemanas merupakan alat yang berfungsi sebagai salah satu kegiatan kerja untuk mendapatkan suhu dari suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi. Sebagai sumber panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (Resistance Wire) biasanya bahan yang digunakan adalah kawat niklin yang digulung menyerupai bentuk spiral dan dimasukkan dalam selongsong/pipa sebagai pelindung, kemudian dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan. Bentuk dan type dari Electrical Heating Element ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan, gambar 2 elemen pemanas keramik.



Gambar 2. Elemen Pemanas Keramik

Arduino Uno

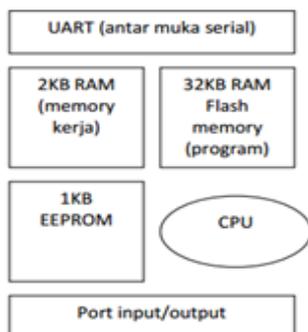
Mikrokontroler atmega328 atau dikatakan arduino sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat opensource. Kata “platform” sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan meng-upload ke dalam memori microcontroller. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktis, gambar 3, modul arduino uno.



Gambar 3. Modul Arduino Uno

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk ATmega yang dibuat oleh perusahaan Atmel Corporation. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328.

Untuk memberikan gambaran mengenai apa saja yang terdapat di dalam sebuah microcontroller, pada gambar 4 memperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari microcontroller Atmega328 (dipakai pada Arduino Uno).

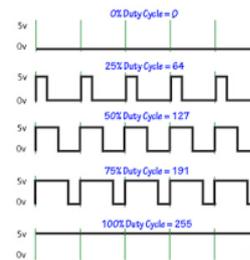


Gambar 4. Blok Diagram Arduino Uno

Pulse Width Modulation (PWM)

PWM adalah suatu teknik manipulasi dalam pengendalian rangkaian dimmer (atau perangkat elektronik berarus besar lainnya) yang menggunakan prinsip cut-off dan saturasi. PWM pada dasarnya adalah menyalakan dan mematikan triac dengan cepat, kuncinya adalah mengatur berapa lama waktu On dan Off. Teknik PWM untuk pengaturan kecepatan triac adalah, pengaturan tegangan pada output triac dengan cara merubah-ubah besarnya duty cycle pulsa.

Pulsa yang yang berubah ubah duty cycle-nya inilah yang menentukan tegangan. Besarnya amplitudo dan frekuensi pulsa adalah tetap, sedangkan besarnya duty cycle berubah-ubah sesuai dengan kecepatan aktif atau mati yang diinginkan, semakin besar duty cycle maka semakin besar tegangan pada triac, dan sebaliknya semakin kecil duty cycle maka semakin pelan pula tegangan triac, gambar 5 menunjukkan bentuk gelombang PWM.



Gambar 5. Bentuk Gelombang PWM

PWM merupakan salah satu teknik untuk mendapatkan sinyal analog dari sebuah piranti digital. Sebenarnya sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan banyak cara, secara analog menggunakan IC op-amp atau secara digital.

Pembangkitan pulsa PWM dapat diperoleh melalui berbagai rangkaian dimmer atau menggunakan mikrokontroler yang di program secara khusus. Sehingga dengan melakukan pengaturan lebar pulsa dalam teknik PWM maka besar tegangan rata – rata pun dapat diatur yang pada akhirnya juga akan merubah tegangan triac.

LCD (Liquid Crystal Display)

LCD yang merupakan satu layar bagian dari modul peraga yang dapat menampilkan karakter yang diinginkan. Layar LCD menggunakan dua buah lembaran bahan yang dapat mempolarisasikan dan kristal cair diantara kedua lembaran tersebut, arus listrik yang melewati cairan menyebabkan kristal merata sehingga cahaya tidak dapat melalui setiap kristal karenanya seperti pengaturan cahaya menentukan apakah cahaya dapat melewati atau tidak sehingga dapat mengubah bentuk kristal cairnya membentuk tampilan angka atau huruf pada layarLCD. LCD yang digunakan pada perancangan tugas akhir ini yaitu LCD 4x20 seperti gambar 6.



Gambar 6. LCD 4x20

Kegunaan LCD banyak sekali dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroler. LCD dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler.

Kipas penghembus (Blower)

Kipas penghembus atau blower banyak digunakan di industri. Kipas ini biasanya digunakan untuk memindahkan sejumlah volume udara atau gas melalui suatu saluran (duct). Selain itu, juga digunakan untuk memasok udara dalam proses pengeringan, pemindahan bahan tersuspensi di dalam aliran gas, pembuangan asap, pengondensasian menara, pemasokan udara untuk pembakaran boiler, pembuangan debu, aerasi sampah, pengeringan, pendinginan proses-proses industrial, sistem ventilasi ruangan, dan aplikasi sistem beraliran tinggi dan bertekanan rendah yang lain. Pemilihan yang tepat terhadap ukuran dan tipe kipas atau blower merupakan hal yang sangat penting dalam kaitannya dengan sistem energi yang efisien, gambar 7 menampilkan bentuk kipas atau blower, jenis bilah blower yang digunakan untuk menghembuskan udara, mensirkulasikan udara, serta membuang beberapa udara panas yang berlebih didalam oven.



Gambar 7. Bilah blower

Blower memiliki standar pengoperasian dalam pengoperasiannya. Sebelum menggunakan fan dalam berbagai keperluan ada hal-hal yang harus diperhatikan, diantaranya ;

1. Semua blower menghasilkan tekanan total yang merepresentasikan statik dan energi kinetik yang diberikan oleh impeller kepada udara.
2. Bilah-bilah impeller blower yang berputar mengkonversikan energi mekanik menjadi statik dan energi kinetik melalui perubahan vektor kecepatan dari udara yang datang, yaitu udara yang masuk dari luar yang menuju ke bagian impeller.
3. Blower sentrifugal menghasilkan tekanan total dari gaya sentrifugal udara yang menyebar keluar antara gang-gang bilah dan melalui energi kinetik yang diberikan kepada udara.
4. Vektor kecepatan absolut dalam blower aksial adalah jumlah dari komponen-komponen kecepatan aksial dan tangensial, sedangkan dalam fan sentrifugal adalah jumlah dari komponen-komponen kecepatan radial dan tangensial. Fan aksial menghasilkan tekanan total dari perubahan kecepatan yang mengalir melalui impeller yang tidak dihasilkan oleh gaya sentrifugal.

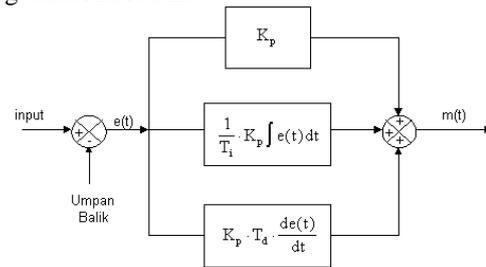
Proportional Integral Derivatif Controller (PID Controller)

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (Proportional), D (Derivative) dan I (Integral), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan.

Pengendali Proportional Integral Derivative (PID) merupakan salah satu pengendali yang bertujuan memperbaiki kinerja suatu sistem, termasuk sistem kendali putaran motor dc. Kecepatan respon dan error steady state merupakan parameter

yang diukur untuk menilai kinerja suatu sistem kendali. Kendali PID dalam makalah ini diimplementasikan melalui perangkat lunak berbasis personal computer (PC) yang sekaligus juga dipakai sebagai monitoring kurva respon yang dihasilkan melalui tampilan grafik interaktif.

Penggabungan dari Kontrol Proporsional (P) dengan Kontrol Integral(I) dan Kontroler Derivatif (D) akan menjadi kontroler PID. Setiap kekurangan dan kelebihan dari masing-masing kontroler P, I dan D dapat saling menutupi dengan menggabungkan ketiganya secara paralel. Elemen-elemen kontrol P, I dan D masing-masing secara keseluruhan bertujuan untuk mempercepat reaksi sebuah sistem, menghilangkan offset dan menghasilkan perubahan awal yang besar, gambar 8 blok diagram kontrol PID.

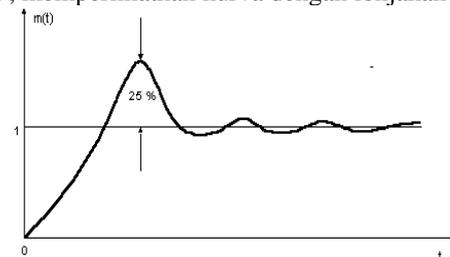


Gambar 8. Blok Diagram PID

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh besar dari ketiga parameter P, I, dan D. Yang dikontrol oleh sistem PID adalah output sistem. Agar diperoleh output yang sesuai maka sistem PID akan memanipulasi nilai input. Nilai yang dimanipulasi merupakan hasil komputasi dari nilai input, feedback dan sinyal error. Sinyal error ini dihasilkan oleh output yang dibawa dalam komponen feedback untuk dikirim ke kontroler PID sehingga dapat dijadikan pengukuran error output. Dari nilai manipulasi inilah, diperoleh output yang sesuai dengan error yang minimum.

Metoda Zigler-Nichols

Ziegler-Nichols pertama kali memperkenalkan metodenya pada tahun 1942. Metode ini memiliki dua cara, metode osilasi dan kurva reaksi. Kedua metode ditujukan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25%. Gambar 9, memperlihatkan kurva dengan lonjakan 25%.



Gambar 9 Kurva respons tangga satuan yang memperlihatkan 25 % lonjakan maksimum

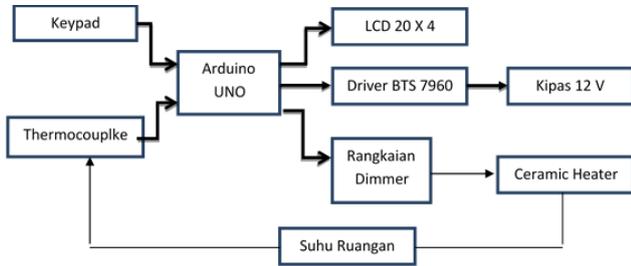
Dari latar belakang yang diuraikan diatas, maka penulis ingin untuk ikut membantu dalam pemasakan dari kue marmer dengan cara membuat kontrol otomatis pengaturan waktu, suhu dan kecepatan angin panas yang juga merupakan tujuan dari artikel ini.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan sistem adalah melakukan perancangan secara keseluruhan terhadap rangkaian alat yang akan digunakan. Gambar 10, merupakan diagram blok dari oven otomatis. Pengendali suhu ini menggunakan mikrokontroler arduino uno

sebagai pengontrol utama dari rangkaian-rangkaian elektronika yang digunakan.

Dalam pembuatan tugas akhir ini, digunakan sensor thermocouple tipe K yang mendeteksi suhu ruangan oven dan sebagai pengukur suhu yang pengukuran akan dikirimkan ke arduino, rangkaian dimmer sebagai pengontrol heater. Driver BTS 7960 sebagai pengontrol kipas.



Gambar 10. Blok Diagram Penelitian

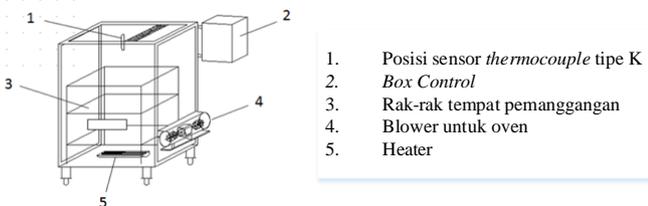
Berdasarkan diagram blok diatas prinsip kerja dari alat ini, yaitu ketika catu daya diaktifkan maka Arduino UNO akan aktif, saat input dimasukkan melalui keypad pada menu yang ditampilkan di LCD yaitu; suhu, setpoint suhu, dan waktu lama proses pemanggangan, setelah pendeklarasian input ditentukan maka data akan disimpan dengan menekan tombol ok (#).

Heater akan langsung aktif dan sensor thermocouple akan langsung membaca suhu yang ada didalam oven. Heater akan aktif dengan input pwm 60% jika suhu yang diinputkan belum mencapai treshold. Pada saat pembacaan suhu oleh sensor mencapai treshold maka heater akan aktif sesuai dengan input pwm yang sebelumnya disetting. Pwm yang mengontrol heater melalui rangkaian dimmer akan terus aktif sampai setingan suhu yan diinputkan. Pengaktifan pwm pada rangkaian dimmer ini berfungsi untuk memperkecil tegangan pada heater saat suhu oven mencapai setpoint.

Suhu ruangan oven yang telah yang telah sesuai dengan inputnya, maka input arduino ke rangkaian dimmer akan nol. Kondisi ini heater akan langsung aktif. Pembacaan suhu oleh sensor thermocouple turun dari suhu inputnya maka arduino akan aktif sesuai pwm yang telah diinputkan sebelumnya. Kondisi akan terus berlangsung agar suhu didalam oven stabil.

Perancangan Mekanik Oven

Rancang bangun terbuat stainless steel agar tidak berkarat dan kue yang dihasilkan higienis, seperti terlihat pada gambar 11.



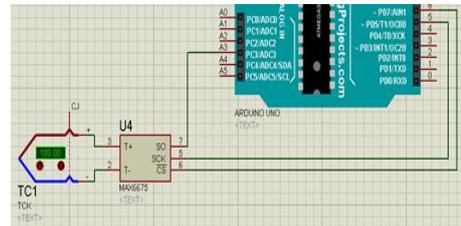
Gambar 11. Oven

Perancangan Rangkaian

Rangkaian Sensor Thermocouple tipe K

Rangkaian sensor thermocouple ini merupakan pengkoneksian sensor ke Arduino UNO. Untuk memproses keluaran dari komponen ini dengan menggunakan IC yang dirancang khusus untuk menkonversi menggunakan thermocouple, misalnya AD595, MAX6674 ,MAX6675, dan

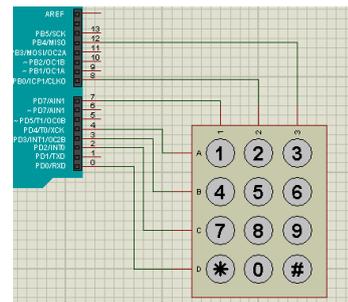
MAX31855. Antarmuka thermocouple tunggal menghubungkan antara sensor thermocouple dengan perangkat mikrokontroler. Salah satu IC atau chip yang populer untuk melakukan konversi termokopel secara digital adalah MAX6675. Gambar rangkaian dari sensor thermocouple tipe K dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian Thermokopel tipe K

Rangkaian Keypad 3x4

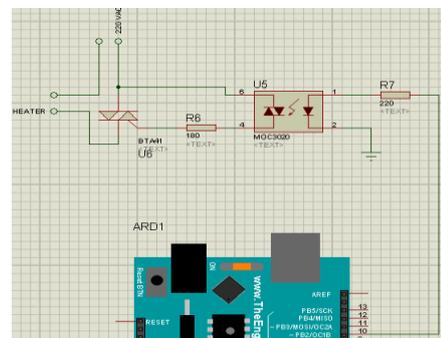
Keypad digunakan sebagai interface antara user dan system. User akan memberikan pilihan output yang diinginkan serta menampilkan pilihan tersebut ketika sedang dijalankan. Pada oven otomatis ini keypad ini berfungsi untuk memberikan perintah mulai, menentukan nilai suhu pemanggangan, menentukan lama waktu pemanggangan sponge cake serta untuk memulai perintah apa yang telah diprogram pada mikrokontroler. Berikut ini merupakan rangkaian keypad yang terhubung dengan arduino (gambar 13).



Gambar 13. Rangkaian keypad

Rangkaian Dimmer

Rangkaian dimmer merupakan rangkaian yang digunakan dalam sistem sebagai pengontrol tegangan heater. Pada rangkaian ini menggunakan optokopler MOC3020 dan Triac BTA41 Rangkaian dari pin 10 arduino dihubungkan ke resistor 220 ohm dan dihubungkan ke kaki 1 pada MOC3020, seperti pada gambar 14.



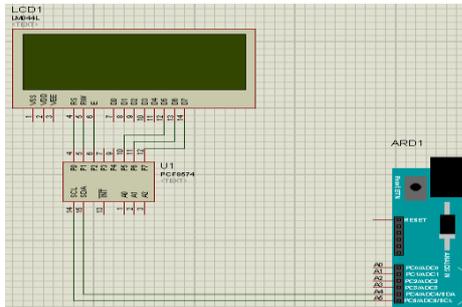
Gambar 14. Rangkaian Dimmer

Rangkaian LCD Dengan Menggunakan I2C

Tipe LCD yang digunakan adalah LCD LM044L, LCD ini mempunyai tampilan sebanyak 20 kolom 4 baris. Pada LCD ini digunakan penambahan modul I2C (Integrated Circuit) guna untuk menimalisir penggunaan port pada LCD yang akan

dihubungkan ke pin arduino, seperti ditunjukkan pada gambar 15. Jumlah port LCD yang seharusnya dihubungkan ke pin arduino berjumlah 8 buah yaitu :

1. Pin Vss dihubungkan ke ground
2. Pin Vdd dihubungkan ke Vcc arduino
3. Pin Vee dihubungkan ke ground
4. Pin 8 dihubungkan ke E
5. Pin 9 dihubungkan ke D4
6. Pin 10 dihubungkan ke D5
7. Pin 11 dihubungkan ke D6
8. Pin 12 dihubungkan ke D7



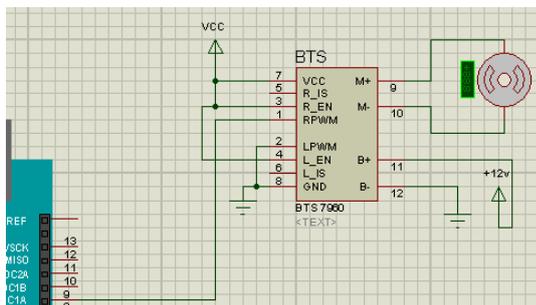
Gambar 15. Rangkaian LCD I2C

Pada gambar 15, dengan menggunakan penambahan modul I2C pada LCD , port yang akan dihubungkan ke pin pada arduino Cuma menjadi 4 buah port, yaitu :

1. Vcc dihubungkan ke sumber.
2. Ground dihubungkan ke sumber.
3. SDA dihubungkan ke Pin A4 arduino.
4. SCL dihubungkan ke Pin A5 arduino

Rangkaian Driver Motor BTS 7960

Rangkaian driver motor ini merupakan rangkaian untuk pengendali yang akan mengaktifkan motor sesuai input dari arduino, rangkaian ini akan bekerja saat mendapatkan perintah dari arduino untuk mengaktifkan motor sehingga motor dapat berputar dengan kecepatan yang diinputkan sebelumnya, rangkaian ini akan dihubungkan ke output dari Arduino UNO ke driver motor BTS 7960. Gambar rangkaian dan tabel koneksi pin driver motor dapat dilihat pada gambar 16 dan tabel 1.



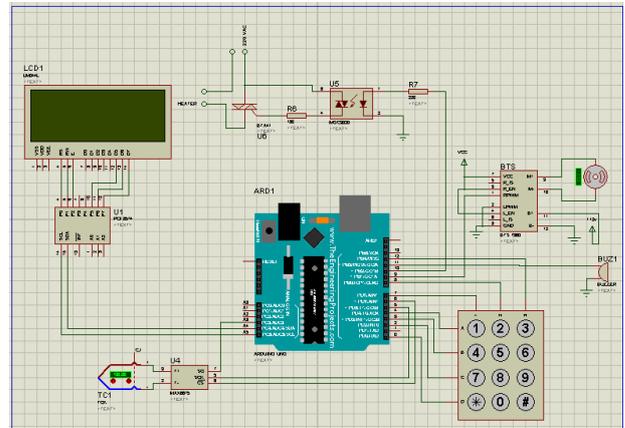
Gambar 16. Rangkaian Driver BTS7960

Tabel 1
Hubungan BTS7960 dan Arduino Uno R3

Pin BTS 7960	Pin Arduino UNO R3
1	VCC
2	VCC
3	VCC
4	GND
5	Pin 13
6	GND

Rangkaian Sistem Secara Keseluruhan

Rangkaian ini merupakan gambaran dari sistem pengontrolan oven secara keseluruhan, dimana Arduino UNO sebagai otak dari rangkaian ini. Sistem ini bekerja pada tegangan 5-12V dengan sumber tegangan dari power supply. Gambar 17, menunjukkan rangkaian dari sistem kendali oven otomatis.



Gambar 17. Rangkaian keseluruhan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

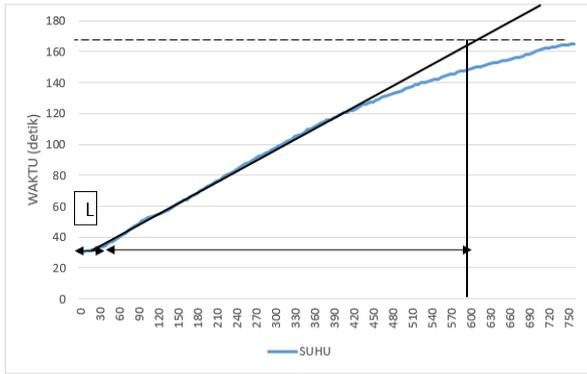
Pengaplikasian Metoda Ziglear-Nichols

Sistem kontrol PID terdiri dari tiga buah cara pengaturan yaitu kontrol P (Proportional), D (Derivative) dan I (Integral), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan. Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perlu dilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D agar tanggapan sinyal keluaran sistem terhadap masukan tertentu sebagaimana yang diinginkan. Maka pada alat pemanggang sponge cake ini digunakanlah metoda Ziglear-Nichols pertama yaitu dengan metoda kurva reaksi untuk menentukan parameter P, Parameter I, dan Parameter D.

Penggunaan metoda Ziglear-Nichols hal pertama yang dilakukan adalah mencari respon dari alat (dalam hal ini ruangan pemanggang sponge cake) terhadap waktu, yaitu respon waktu naik suhu dan suhu awal (suhu ruangan) hingga suhu maksimal yang dicapai alat. Telah dilakukan percobaan dengan melihat respon alat tanpa menggunakan controller, dalam hal ini dengan monitoring suhu ruangan oven dengan tegangan input 220 VAC.

Respon alat tanpa kontro dapat ditentukan nilai T dan L untuk mencari komponen penyusun dari PID yaitu parameter Kp, Ti, dan Td, seperti yang terlihat gambar 18.

Grafik yang ditampilkan pada gambar 18, merupakan grafik yang di dapatkan dengan mengambil respon sistem tanpa alat kontrol, sistem disini merupakan elemen pemanas, jadi elemen pemanas diaktifkan tanpa menggunakan alat kontrol, kemudian data yang didapat diolah kedalam tabel dan grafik, sehingga didapat grafik seperti gambar 18. Dari grafik di atas didapatkan nilai L dan T sebagai data untuk mencari nilai Kp, Ti, dan Td. Berdasarkan pencarian dengan metoda zigler-Nichols yaitu metoda kurva reaksi, untuk mencari nilai Kp, Ti, dan Td pada tabel 2. Setelah didapatkan nilai L dan T pada grafik maka langkah selanjutnya memasukkan nilai sesuai dengan rumus yang ada



Gambar 18. Grafik Respon Tanpa Kontrol

Tabel 2.
Parameter PID dengan metoda kurva reaksi pada metoda Zigler-Nichols

Pengendali	Kp	Ti	Td
P	18,6	~	0
PI	16,8	100	0
PID	16,4	90	22,5

Dari grafik telah di dapat nilai T dan L. Nilai T = 612 dan nilai L = 45 .Sehingga dengan menggunakan rumus pada tabel 2 di dapatkan nilai konstanta proporsional, integral, dan derivatif sebagai berikut :

1. Konstanta Proporsional
 $K_p = 1,2 T/L$
 $= 1,2 (612/45)$
 $= 16,4$
2. Konstanta Integral
 $K_i = 2L$
 $= 2 \times 45$
 $= 90 \text{ detik}$
3. Konstanta Derivatif
 $T_d = 0,5L$
 $= 0,5 \times 45$
 $= 22,5 \text{ detik}$

Pengujian Heater

Pada pengujian heater ini dilakukan pengambilan data suhu sesuai tampilan di LCD, pengambilan data suhu heater dilakukan secara berkala selama setting waktu 28 menit, mulai dari suhu awal alat pemanggang bolu marmer yaitu 280C sesuai dengan suhu ruangan sampai suhu didalam pemanggang mencapai suhu kestabilan sesuai setpoint yang diinputkan kedalam mikrokontroller, setpoint yang diinginkan adalah sebesar 1750C, kenaikan setiap suhu dicatat kedalam bentuk tabel 3.

Tabel 3.
Tabel kenaikan suhu sebelum dilakukan pemrograman.

NO	Waktu (detik)	Respon Naik (°C)
1	0	30.00
2	30	33.50
3	60	39.50
4	90	48.75
5	120	54.50
6	150	61.50
7	180	68.25
8	210	76.00
9	240	83.25
10	270	90.75
11	300	97.75
12	330	104.75
13	360	111.00
14	390	117.00
15	420	122.00
16	450	127.50
17	480	132.75
18	500	136.00
19	525	139.75
20	560	144.25
21	590	147.50
22	625	151.50
23	650	154.25
24	680	157.00
25	710	161.50
26	755	164.75
27	800	165.75
28	850	167.25
29	870	170.00
30	890	172.25
31	900	175.00
32	920	178.25
33	940	180.00

Pengujian Tunning PID

Tahap-tahap dalam pengujian tuning PID adalah :

1. Setelah didapatkan nilai Kp, Ki, dan Kd dengan menggunakan metoda Ziger-Nichols, maka nilai tersebut disetting pada kotak kontrol.
2. Mengaktifkan heater sebagai sumber panas pada alat pengering biji kakao
3. Mengamati tampilan perubahan suhu yang telah dikendalikan oleh unit kendali PID dan menyajikannya dalam tabel dan grafik respon suhu setelah dilakukan kendali PID.

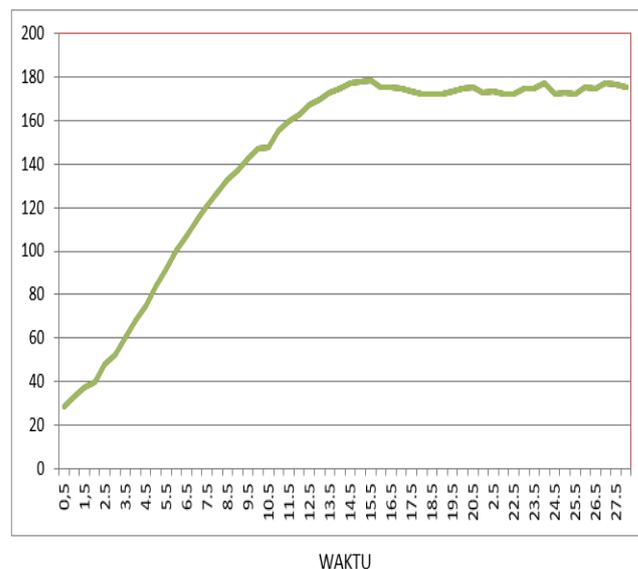
Hasil pengujian tuning PID, ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4
Perubahan suhu pada alat pemanggang hingga mencapai setpoint dengan setting nilai $K_p=16,4$ $K_i=90$ $K_d=22,5$

No	Waktu	Respon Suhu (°C)	Error
1	0,5	28.50	146.50
2	1	29.50	146.50
3	1,5	31.25	143.75
4	2	40.00	135.00
5	2.5	47.75	127.25
6	3	52.50	122.5
7	3.5	60.00	115.00
8	4	68.25	106.75
9	4.5	75.00	100.00
10	5	84.00	91.00
11	5.5	92.00	83.00
12	6	100.25	74.75
13	6.5	107.25	67.75
14	7	114.25	60.75
15	7.5	120.50	54.50
16	8	126.75	48.25
14	8.5	132.50	42.50
15	9	137.35	37.65
16	9.5	142.50	32.50
17	10	147.25	27.75
18	10.5	148.00	27.00
19	11	155.50	19.50
20	11.5	159.75	15.25
21	12	163.00	12.00
22	12.5	167.00	8.00
23	13	170.00	5.00
24	13.5	173.00	2.00
25	14	174.75	0.25
26	14.5	177.00	2.00
27	15	177.75	2.75
28	15.5	178.50	3.50
29	16	175.25	0.25
30	16.5	175.25	0.25
31	17	174.75	0.25
32	17.5	173.50	2.50
33	18	172.25	2.25
34	18.5	172.00	3.00
35	19	172.00	3.00
36	19.5	173.25	1.25
37	20	174.75	0.25
38	20.5	175.50	0.50
39	21	172.75	2.25
40	2.5	173.50	1.50
41	22	172.50	2.50
42	22.5	172.25	2.75
43	23	175.00	0
44	23.5	174.50	0.50
45	24	177.50	2.50
46	24.5	172.25	2.75
47	25	173.00	2.00
48	25.5	172.50	2.50
49	26	175.50	0.50
50	26.5	175.00	0
51	27	177.50	2.50
52	27.5	176.70	0
53	28	175.50	0.50

Tabel 4, menunjukkan respon suhu yang telah di kendalikan oleh unit kendali PID dengan menginputkan setingan nilai $K_p=$

16,4 $K_i=90$ dan $K_d=22$. Dari data diatas dapat dilihat suhu dalam kondisi stabil sesuai dengan setpoint yaitu sebesar 1750C. Respon suhu pada tabel 4, ditampilkan dalam grafik respon suhu dalam kendali PID, gambar 19.



Gambar 19. Grafik Nilai Suhu Menggunakan Nilai K_p , K_i , K_d

IV. KESIMPULAN

Setelah melakukan pembuatan dan melakukan pengujian oven pemangganga ini, dapat disimpulkan. Oven ini dapat difungsikan dengan suhu sesuai dengan setpoint yang inginkan, kue bolu marmer dipanggang dengan suhu 165 0C selama 28 menit dan dijaga kestabilannya sehingga suhu diruangan pemanggangan kue bolu marmer dapat konstan selama proses pemanggangan berlangsung. Laju udara didalam oven dapat dikendalikan sehingga suhu didalam oven dapat merata keseluruh ruangan oven dan membuang panas didalam oven jika melebihi batas setingan yang diatur terlebih dahulu. Oven ini dilengkapi dengan alat pengaturan suhu dan blower yang berguna untuk memudahkan dalam melakukan pemanggangan kue bolu marmar.

REFERENSI

- [1] Bogasari, "Bread Making," Jakarta, 2013.
- [2] W. Gisslen, *Professional Baking*, John Wiley. Kanada: John Wiley & Sons, 2013.
- [3] Akhiruddin, "Penggunaan Kontrol PID Pada Pengaturan Suhu Oven Listrik," *JITROKOM - POLMED*, vol. 1, no. 1, 2016.
- [4] I. Alamsyah, Y. Jupri Zaira, dan M. Rahmawaty, "Sistem Kendali PI untuk Pengendalian Suhu pada Oven Otomatis Ikan Salai," *urnal Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 2, no. 1, hal. 153–162, 2014.
- [5] S. Bahri, H. Muchtar, dan E. Dermawan, "Prototipe Sistem Kendali PID Dan Monitoring Temperatur Berbasis Labview," in *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014*, 2014.
- [6] M. Murdiansyah, P. Paniran, dan A. . I. Akbar, "Rancang Bangun Prototype Sistem Pemanggang Kue (Oven) Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler AVR Atmega 8535," *DIELEKTRIKA*, vol. 1, no. 2, hal. 1–9, 2014.
- [7] F. B. Setiawan, M. Rizqiyanto, dan J. U. M. Yiwa, "Oven Terprogram Berbasis Mikrokontroler," *WIDYA Tek.*, vol. 21, no. 2, hal. 10–14, 2013.
- [8] Istiadi dan N. Tjahjono, "Rancang Bangun Oven Semi Otomatis untuk mengoptimalkan pemanggangan roti pada home industri," *J. Ilm. Widya Tek.*, vol. 18, no. 1, 2010.
- [9] T. Muchtadi dan F. Ayustaningwarno, *Teknologi Proses Pengolahan Pangan*, Alfabeta. Bandung: Alfabeta, 2010
- [10] R. D. Utami, Tamrin, dan K. T. Isamu, "Efek Perendaman Vakum Asap Cair Pada Bakso Ikan Tuna (Thunnus Sp.) Terhadap Penyimpanan," *J. Sains dan Teknol. Pangan*, vol. 1, no. 3, hal. 193–200, 2016.