

Rancang Bangun Mesin Telur Asin Berbasis *Proportional Integral Derivative*

Diana Rahmawati, Riza Alfita, Moch Fadlian Rasyid

Program Studi Teknik Elektro, Univeristas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang. PO.Box. 2 Kamal, Bangkalan – Madura

E-mail: diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id, riza.alfita@trunojoyo.ac.id, fadlianrasyid@gmail.com

Abstrak— Proses pembuatan telur asin biasanya memerlukan waktu cukup lama, yaitu antara 15-21 hari sesuai dengan tingkat keasinan. Salah satu cara untuk mempercepat prosesnya dengan memanipulasi tekanan osmotik. Cara memanipulasi tekanan osmotik dengan cara merendamkan telur bebek dalam larutan asam cuka agar cangkang telur bagian luar terkelupas serta proses pengasinannya dengan cara memanasakan telur bebek tersebut dengan suhu tertentu yang dikontrol dengan kontrol *Proportional Integral Derivative Zeigler-Nichols*. Rancangan bangun mesin ini terdiri dari tiga proses diantaranya proses pertama telur bebek direndam larutan asam cuka dengan pH sebesar 2,4 selama 15 menit, proses kedua dimana telur dalam proses pengasinan dengan perbandingan batubata : abu gosok : garam sebesar 1:1:2 selama 24 jam dengan kondisi suhu 65°C, dan proses ketiga dimana telur dalam proses pemasakan dengan suhu 80 °C selama 5 jam. Lama proses keseluruhan rancang bangun ini selama 1 hari 5 jam 21 menit dengan menghabiskan daya sebesar 5,21 KWh dengan biaya Rp 5731. Hasil keberhasilan telur asin sebesar 83,33% dengan rincian 20 telur asin dengan keadaan baik dan 4 telur dalam keadaan retak. Serta dari hasil uji laboratorium didapatkan nilai kadar garam rata-rata 0,82 %, kandungan mikroba *salmonella* bernilai negatif serta kandungan *staphylococcus aureus* nilai rata-rata 6 koloni/25g atau 0,24 koloni/g.

Kata Kunci— *Telur asin, asam cuka, suhu, Proportional Integral Derivative, Zeigler-Nichols*

I. PENDAHULUAN

Dalam era industri 4.0 perkembangan teknologi semakin cepat dan canggih yang mempengaruhi berbagai aspek kehidupan. Di era tersebut membuat persaingan semakin meningkat memaksa setiap individu membaca peluang usaha di masa depan agar dapat mengembangkan keterampilan, keahlian, serta inovasi dalam berusaha. Rendahnya tingkat keterampilan, keahlian dan berinovasi yang dimiliki oleh masyarakat Indonesia merupakan salah satu penyebab tingkat pengangguran semakin meningkat. Padahal agenda pemerintah utama dalam memberantas kemiskinan sudah maksimal, namun hal itu belum dapat terselesaikan. Karena belum didukung oleh sumber daya manusia yang terampil dan ahli yang dapat digunakan untuk membuka peluang usaha, menciptakan lapangan kerja sendiri maupun orang lain, serta berinovasi dalam berusaha. Sehingga dapat menekan terhadap tingginya angkat pengangguran serta secara tidak langsung berdampak pada tingkatnya angka kemiskinan yang ada di Indonesia.

Telur asin merupakan makanan yang senantiasa dapat digunakan sebagai lauk pauk ataupun hanya sekedar camilan. Makanan ini tidak sedikit yang menyukai karena rasa gurih dan agak sedikit asin. Makanan ini biasanya sering dibuat oleh industri rumahan. Pembuatan yang tidak begitu rumit yang memikat banyak orang terutama di desa-desa yang lowongan lapangan pekerjaan masih jarang. Usaha pembuatan telur asin merupakan salah satu jenis industri

makanan yang umumnya berskala mikro. Bahan baku utama yang akan dijadikan telur asin adalah telur itik atau telur bebek dikarenakan daya resap telur tinggi dibandingkan telur yang lainnya.[1]

Telur asin adalah istilah umum untuk masakan berbahan telur yang diawetkan dengan cara diasinkan (diberikan garam berlebih untuk menonaktifkan enzim perombak). Kebanyakan telur asin memiliki proses pembuatan yang cukup lama, yakni kisaran 15-21 hari. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa pembuatan telur asin memakan waktu yang cukup lama dengan menggunakan berbagai macam metode pengasinan. Sebelum dilakukan pengasinan telur asin melalui tahap awal yakni memilih ukuran telur, mulai dari yang berukuran kecil, sedang, dan besar. Pada tahap selanjutnya, dilakukan pemilihan kualitas dari telur yang memiliki kualitas terbaik dengan cara merendamkan telur bebek ke dalam air. Telur bebek dengan kualitas terbaik tidak akan mengapung diatas air perendaman. Telur dengan kualitas terbaik kemudian dapat dibersihkan telurnya dari sisa-sisa kotoran bebek yang menempel. Membersihkan sisa kotoran pada kulit telur menggunakan pembersih cuci piring kawat secara hati-hati agar tidak mudah pecah. Pada tahap pembersihan telur ini biasanya memakan waktu selama 8 jam yang mana dapat membersihkan 1400 butir dengan dilakukan oleh 3-5 orang tenaga kerja. Serta pada penelitian terdahulu terdapat mesin produksi pencuci telur, mesin produksi tersebut dapat membersihkan 1500 butir telur dengan kurang waktu 4 jam dengan dilakukan oleh 1 orang sebagai operator.[2] Pada proses pengasinan terdapat tiga media pengasinan yaitu dengan media air, abu gosok, dan serbuk campuran abu gosok. Pada penelitian terdahulu menghasilkan bahwa kandungan iodium telur dari media abu gosok pada hari ke lima sebesar 1,4 ppm, sementara dalam telur asin dari media serbuk bata hanya 0,65 ppm. Sehingga media abu gosok merupakan media yang terbaik dari kedua metode lainnya dalam proses pengasinan karena penetrasi pada garam iodium ke telur yang paling cepat. Namun, pada skala masyarakat rumahan yang memproduksi telur asin masih banyak yang menggabungkan ketiga metode tersebut.[3] Kecepatan penetrasi garam dapat dilakukan dengan meningkatkan kadar NaCl dalam proses pengasinan. Selain hal tersebut, agar penetrasi garam dapat berlangsung lebih cepat, maka pengasinan telur juga dapat dilakukan dengan metode tekanan. Metode tekanan merupakan upaya untuk meningkatkan kualitas telur asin yang diharapkan mampu mempercepat proses pembuatan telur asin. Prinsip pemberian tekanan adalah meningkatkan perbedaan tekanan osmotik antara tekanan di luar dengan tekanan di dalam telur. Semakin tinggi perbedaan tekanan osmotik tersebut, maka semakin tinggi laju kecepatan difusi garam (NaCl) ke dalam telur. Pada penelitian terdahulu menghasilkan bahwa pembuatan telur asin dengan konsentrasi larutan garam sebesar 20% dan 25% tanpa pemberian tekanan dan konsentrasi larutan garam 20% dengan tekanan 1,5 bar menghasilkan telur asin yang lebih disukai. Pada kombinasi

perlakuan tersebut menghasilkan telur asin yang bertekstur masir pada kuning telur dan tidak begitu asin pada bagian putih telurnya.[4] Serta pada penelitian terdahulu terdapat terobosan dalam proses pembuatan telur asin dengan cara memanipulasi tekanan osmotik menggunakan larutan asam cuka sebagai larutan perendam sebelum melakukan proses pengasinan. Fungsi larutan asam cuka membuka pori-pori cangkang telur agar laju kecepatan penetrasi garam (NaCl) lebih cepat. Pada penelitian terdahulu, dalam proses pengasinan semakin lama waktu yang dibutuhkan akan mempengaruhi tekstur kuning telur yang masir dan sedikit berminyak. Kondisi berminyak tersebut dapat menurunkan kandungan protein dalam telur bebek itu sendiri.[5] Pada umumnya permasalahan yang sering terjadi dalam proses produksi telur asin yang dikeluhkan produksi rumahan adalah waktu yang cukup lama dalam proses pengasinannya serta minat pelanggan yang bersifat fluktuatif (naik-turun).

Berdasarkan pada yang telah diuraikan di atas, maka dengan hal tersebut penulis melakukan penelitian skripsi yang berjudul “Mesin produksi Telur Asin Berbasis Proportional Integral Derivative”. Mesin produksi telur asin ini terdapat tiga proses diantaranya proses perendaman larutan asam cuka, proses pengasinan, dan proses pemasakan. Proses pertama yaitu pengontrolan pH yang terdapat pada larutan asam cuka untuk mengetahui kondisi dari larutan tersebut dengan pH awal sebesar 2,4. Diberikan larutan asam cuka pada proses pertama karena larutan asam cuka mampu memperbesar pori-pori kulit pada telur yang mana dapat mengakibatkan lapisan telur mengalami pelepasan dari telur dan menjadikan telur lembek. Dengan demikian, hal itu dapat mempercepat laju kecepatan proses pengasinan atau penetrasi garam (NaCl) pada telur bebek. Proses pertama dilakukan kurang waktu selama 15 menit. Pada proses kedua pengasinan telur bebek terdapat proses pengasinan dengan suhu stabil sekitar 65 °C agar terdapat tekanan luar yang mempengaruhi tekanan osmotik yang lebih cepat. Proses kedua atau proses pengasinan ini terdiri campuran batu bata alus, abu gosok dan garam dengan perbandingan 1:1:2. Proses kedua atau proses pengasinan dilakukan selama 24 jam agar proses penetrasi bisa berjalan dengan baik serta tidak mengurangi kandungan protein. Pada proses ketiga yaitu proses pemasakan menggunakan air dengan stabil suhu sekitar 80°C agar telur tidak mengalami kerusakan dan matang dengan sempurna. Proses ketiga atau proses pemasakan ini dilakukan selama 5 jam agar telur asin dapat matang dengan sempurna. Pada proses kedua dan ketiga membutuhkan penyetabilan suhu, agar penyetabilan suhu lebih efisien dan efektif maka mesin berbasis Proportional Integral Derivative. Kontroler mesin produksi ini menggunakan mikrokontroler arduino mega mini 2560. Mesin produksi ini diharapkan bisa menjadikan solusi kepada usaha rumahan pembuatan telur asin agar dalam proses pembuatan berjalan efektif dan efisien.

II. BAHAN DAN METODE

A. Dasar Teori

1) Arduino mega 2560 pro mini



Gambar 1. Arduino mega 2560 pro mini

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (lembaran data). Ini memiliki 54 pin input/output digital (14 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler; cukup sambungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC to-DC atau baterai untuk memulai.[6]

2) Sensor pH



Gambar 2. Sensor pH

Sensor pH merupakan sensor yang berfungsi agar mengetahui derajat keasaman dalam suatu larutan dengan catu daya sebesar 5 volt. Spesifikasi dari sensor pH yaitu pH range 0-14, akurasi $\pm 0,1$ ph, waktu respon ≤ 1 menit, dan dapat membaca disuhu 5-80 ° C.[7]

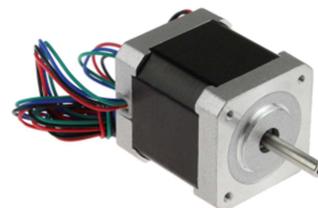
3) Sensor suhu DS18B20 waterproof



Gambar 3. Sensor suhu DS18B20 waterproof

Sensor suhu DS18B20 *waterproof* adalah sensor yang digunakan untuk mengukur parameter suhu dengan sifat sensor *waterproof* atau anti air karena sensor bersentuhan langsung dengan air. Sensor ini memiliki tingkat keakurasian yang sangat tinggi sebesar $\pm 0,5^\circ\text{C}$ pada rentang suhu -10°C sampai $+85^\circ\text{C}$ dengan tegangan yang dibutuhkan sebesar 3-5,5 volt.[8]

4) Motor stepper



Gambar 4. Motor Stepper

Motor stepper merupakan perangkat elektro yang bekerja dengan cara mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Putaran motor stepper diatur oleh pulsa yang diberikan kepada motor. Karena hal tersebut memerlukan suatu pengendali agar dapat mengatur pulsa-pulsa tersebut. Keunggulan motor stepper banyak dibandingkan motor-motor lain atau motor DC lainnya, diantara keunggulan sebagai berikut :

- Mudah diatur dikarenakan sudut rotasi putaran sebagai pulsa inputan.
- Presisi dalam putaran posisi atau pergerakan.
- Perputaran awal, berhenti dan putaran balik yang memiliki respon baik.
- Dapat dijumpai di pasaran yang begitu banyak dengan harga yang terjangkau.
- Beban dapat dipusatkan pada poros agar menghasilkan perputaran atau rpm yang lambat.[9]

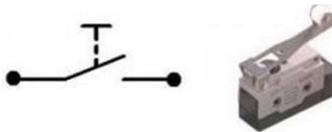
5) Motor DC



Gambar 5. Motor DC

Motor arus searah atau biasanya disebut motor DC adalah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Keunggulan motor searah lebih baik dalam mengatur kecepatan dibandingkan motor bolak-balik. Banyak digunakan pada perindustrian dikarenakan mudah diatur dalam suatu kecepatan yang luas dibandingkan metode-metode yang lain.[10]

6) Limit switch



Gambar 6. Limit Switch

Limit switch berguna untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik pada rangkaian yang memiliki 3 terminal antara lain *normally open (NO) terminal*, *normally close (NC) terminal*, serta *center terminal*. *Limit switch* berguna dalam membatasi kerja dari suatu mekanik suatu alat yang berlangsung. *Terminal NO* atau *NC* bisa berguna untuk memutuskan rangkaian atau bisa digunakan sebaliknya.[11]

7) Driver Motor

Driver motor merupakan rangkaian elektronika yang berguna untuk mengatur dan menggerakkan pergerakan motor. Perubahan arah tergantung dari nilai tegangan yang diinputkan pada driver tersebut. Dengan driver ini dapat dilakukan pengontrolan tegangan secara langsung agar bisa mengatur kecepatan putaran motor. Kecepatan motor dapat dikontrol menggunakan duty cycle dari pulsa yang diinputkan dengan cara memberikan pulsa frekuensi yang tetap pada motor. Driver motor ini dapat berubah searah jarum jam maupun berlawanan sistem yang digunakan driver ini adalah sistem switching (saklar) agar dapat membolak-balikkan polaritas dari motor tersebut. Driver yang digunakan terdapat dua yaitu L298N untuk driver motor DC dan A4988 untuk driver motor stepper.[12]

8) Solid State Relay (SSR)



Gambar 7. Solid State Relay (SSR)

Solid State Relay (SSR) merupakan saklar elektronika yang dipakai di perindustrian sebagai alat pengendali yang sebenarnya sama seperti kontaktor magnetik ataupun relay elektromagnetik. Keunggulan SSR memiliki prinsip semikonduktor modern yang memakai output transistor, TRIAC, SCR berfungsi pengganti saklar kontak mekanik sehingga relay elektro sedikit produsen relay yang menawarkannya. Dikarenakan relay elektro memiliki keterbatasan seperti siklus hidup kontak terbatas, daya yang dibutuhkan besar serta banyak mengambil ruang. [13]

9) Coil Heater



Gambar 8. Coil Heater

Coil Heater adalah elemen yang digunakan untuk memanaskan sebuah ruangan, fluida maupun udara dan sebagainya. Elemen ini berguna agar kondisi suhu dapat lebih tinggi ataupun panas.[14]

10) Liquid Crystal Display (LCD)



Gambar 9. Liquid Crystal Display

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah sebuah komponen elektronika yang dapat menampilkan sebuah karakter sesuai dengan keinginan kita. Lcd yang digunakan 20X4 yang berarti berisi 20 kolom dan 4 baris. Pin LCD memiliki 16 pin yang akan disambungkan langsung dengan mikrikontroler.[15]

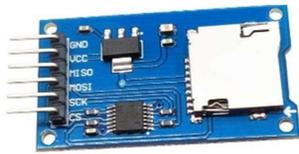
11) RTC DS3231 (Real Time Clock)



Gambar 10. RTC DS3231

RTC (*Real Time Clock*) adalah chip ic yang berguna menghitung waktu mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan, maupun tahun dengan akurat. Digunakan menyimpan informasi secara aktual ataupun *real time*. [16]

12) Modul SD Card



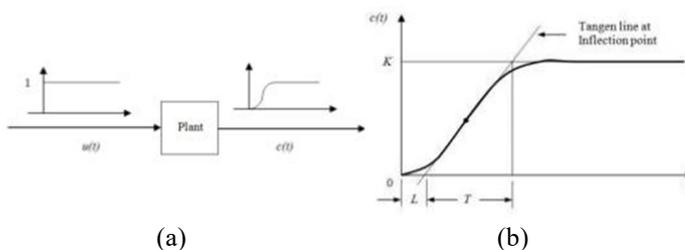
Gambar 11. Modul SD Card

Modul SD Card adalah sebuah modul yang berfungsi untuk membaca dan menulis data ke SD card. Modul ini memiliki interfacing menggunakan komunikasi SPI. Tegangan kerja dari modul ini dapat menggunakan level tegangan 3,3 volt DC atau 5 volt DC yang dapat digunakan salah satunya. Spesifikasi SD card modul antara lain mendukung mikro SD card, tegangan operasional 3,3 atau 5 volt, arus operasional 80 mA, dan menggunakan antarmuka SPI (serial parallel interface).[17]

13) Metode PID (*Proportional Integral Derivative*)

Keluaran kendali P memiliki hubungan yang proporsional (seimbang) dengan *error* (deviasi). Jika K_p di-set tinggi, tanggapannya cepat, tetapi jika terlalu tinggi sistem menjadi tidak stabil. Pada kendali ini *steady state error* tidak bisa nol. Kendali Integral (I) untuk mengoreksi keluaran dengan mengintegrasikan *error*. Dalam kasus penyetelan (*adjustment*) kendali P, *error* yang besar akan menghasilkan penyetelan keluaran besar, jika *error* kecil penyetelan keluaran akan kecil juga. Namun *error* tidak dapat dibuat nol, kinerja integral mengkompensasi masalah ini. Koreksi integral dilakukan dengan akumulasi *error* disetiap pembacaan PV, sehingga akhirnya deviasi nol. Tidak seperti kendali P, kendali I jarang digunakan sendirian melainkan dikombinasikan dengan dengan kendali P atau PD. Pada kendali derivatif (D) keluaran proporsional terhadap laju (rate) perubahan *error*. Kendali D akan bekerja pada saat peralihan, jika tidak ada perubahan *error* maka keluaran kendali nol. Kendali D memiliki aksi teredam sehingga memperbaiki lonjakan. Seperti kendali I, kendali D dikombinasikan dengan kendali P atau PI.

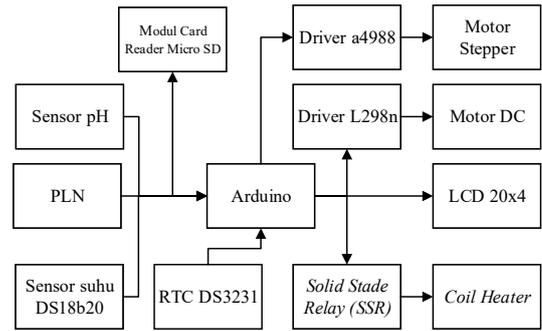
Menentukan parameter kendali PID untuk plant yang tidak diketahui model matematisnya dapat menerapkan *tuning Ziegler-Nichols*. Untuk pengendali suhu maka metode *Ziegler-Nichols open loop* tepat digunakan. Metode *open loop* adalah metode pertama *Ziegler-Nichols* untuk penalaan kendali PID, dengan memperoleh secara eksperimen tanggapan plant terhadap masukan unit-step akan menghasilkan kurva S seperti pada gambar 12 (a). Kurva bentuk S memiliki karakteristik dengan dua buah konstanta, yaitu waktu tunda L dan konstanta waktu T . Kedua parameter tersebut diperoleh dengan menggambar garis tangensial pada titik infleksi kurva S dan memperoleh perpotongan garis tangensial dengan garis axis waktu dan garis $c(t) = K$ seperti pada gambar 12 (b).[18]



Gambar 12. Tanggapan (a) unit step (b) kurva s

B. Perancangan sistem

Berikut adalah blok diagram atau tahapan alur untuk pengujian rancang bangun pembuatan telur asin.

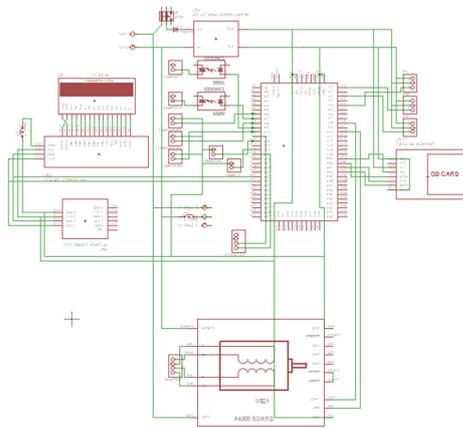


Gambar 13. Blok Diagram

Rancang bangun ini bersumber listrik dari PLN dengan power supply 12V 5A yang menyuplai arduino mega mini dengan ic Atmega 2560. Arduino itu mengontrol motor stepper, motor DC, sensor pH, sensor suhu DS18B20 dan RTCDS3231 yang ditampilkan pada sebuah LCD 20x4. Untuk pengendalian pertama yaitu motor stepper yang berguna memindahkan wadah telur dari tempat proses satu ke proses yang lainnya yang bekerja disumbu x serta motor DC bekerja di sumbu Y. Untuk pengendalian kedua adalah kontrol pada larutan asam cuka dengan menstabilkan larutan asam cuka tersebut setelah bereaksi dengan cangkang telur. Apabila sensor pH menunjukkan pH larutan reaksi tersebut mencapai 4, maka proses pertama tidak berjalan. Namun ph menunjukkan kuang dari 4 proses berjalan dengan rentang waktu 15 menit. Untuk pengendalian ketiga adalah kontrol suhu dengan menggunakan heater air AC 3000 watt (daya maksimal) pada proses pengasinan dengan rentangan suhu 65 °C agar telur tidak cepat matang selama 24 jam. Untuk pengendalian keempat yaitu kontrol suhu pada proses pematangan atau pembersihan telur dari larutan pengasinan yang menempel pada cangkang telur selama 5 jam pada air dengan suhu 80°C yang diatur oleh elemen coil heater dan sensor DS18B20. Untuk pengendalian terakhir adalah pengendalian waktu dalam setiap wadah proses baik proses penglarutan asam cuka, proses pengasinan, serta proses pematangan dan pembersihan cangkang telur.

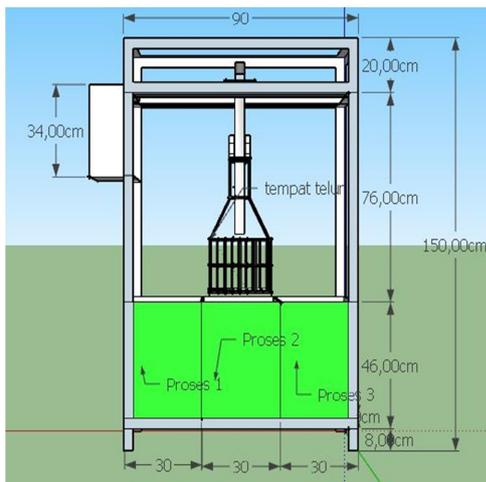
C. Perancangan perangkat

Pada rancangan bangun pembuatan telur asin ini menggunakan mikro arduino mega mini untuk input sensor menggunakan pH dan sensor DS18B20, pemanas menggunakan heater 3000 watt, set waktu periode menggunakan RTC DS3231, pada proses pemindahan wadah telur menggunakan motor stepper pada sumbu x dan motor DC pada sumbu y, hasil parameter akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan data akan disimpan dalam SD Card. Berikut adalah gambar perancangan rangkaian elektronika pada mesin penetas telur.



Gambar 14. Rangkaian elektronika rancang bangun pembuatan telur asin

Berikut adalah gambar umum rancangan pembuatan telur asin.



Gambar 15. Desain rancang bangun pembuatan telur asin

Pada perancangan pembuatan telur asin ini dengan dimensi tinggi 150 cm, panjang 90 cm dan lebar 30 cm. Untuk tempat telur bebeknya terdiri delapan slop dengan setiap slop terdapat 3 buah telur sehingga setiap pengujian sebanyak 24 butir telur. Dari desain rancangan tersebut dibuatlah mekanik sebagai berikut.



Gambar 16. Desain rancang bangun pembuatan telur asin

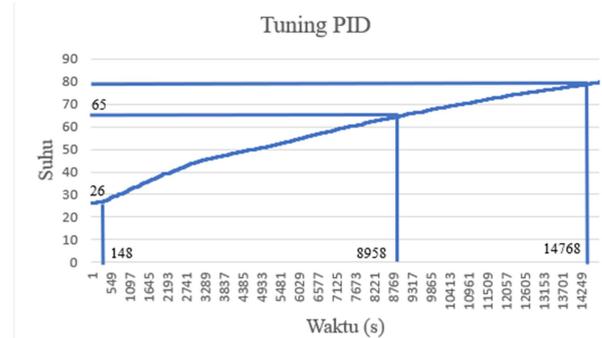
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang hasil pengujian sistem rancang bangun pembuatan telur asin. Untuk

mengetahui apakah rangkaian sistem dapat bekerja sesuai yang di harapkan.

A. Pengujian sistem proses dua (proses pengasinan dan proses tiga (proses pemasakkan)

Pengujian konstanta PID (Proportional Integral Derivative) pada proses kedua atau pengasinan untuk menentukan set poin suhu pada 65°C dan pada proses ketiga atau pemasakkan pada set poin 80°C dengan proses tuning secara manual. Berikut adalah gambar grafik hasil data pengujian suhu.



Gambar 17. Tuning PID

Dalam rancang bangun ini terdapat dua proses yang menggunakan pemanas antara lain yaitu proses 2 (proses pengasinan) yang memerlukan set poin 65°C dan proses 3 (proses pematangan) yang memerlukan set poin 80°C. Suhu dalam proses tuning didapatkan suhu awal 26 yang stabil dengan kurung waktu 148 detik, sehingga didapatkan nilai waktu tunda (L) yaitu 148 detik. Untuk mencapai set poin 65 °C dibutuhkan waktu 8958 detik, sehingga didapatkan konstanta waktu (T) untuk proses 2 sebesar 8958-148=8810 detik. Sedangkan untuk mencapai set poin 80°C dibutuhkan waktu 14768 detik, sehingga didapatkan konstanta waktu (T) untuk proses 3 sebesar 14768-148=14620 detik. Nilai-nilai waktu tunda (L) dan konstanta waktu (T) tersebut digunakan untuk menentukan nilai Kp, Ki, dan Kd. Berikut adalah tabel aturan *tuning Zeigler-Nichols*. [18]

Tabel 1. Tabel tuning metode Zeigler-Nichols

Type Kendali	Kp	Ti	Td
P	T/L	∞	0
PI	0,9T/L	L/0,3	0
PID	1,2T/L	2L	0,5L

Dari Tabel 1. Rumus aturan *tuning Zeigler-Nichols* pada proses dua diketahui *delay time (L)* adalah 148 detik dan nilai *time constant (T)* 8810 detik. Sehingga nilai Kp, Ti dan Td dapat diketahui. Berikut adalah hasil perhitungan tabel *tuning Zeigler-Nichols* pada proses dua.

Tabel 2. Hasil Tuning Zeigler-Nichols pada proses 2

Type Kendali	Kp	Ti	Td
P	59,53	∞	0
PI	53,57	493,33	0
PID	71,43	296	74,00

Tabel 3. Hasil Tuning Zeigler-Nichols pada proses 3

Type Kendali	Kp	Ti	Td
P			
PI			
PID			

P	98,78	∞	0
PI	88,91	493,33	0
PID	118,54	296	74,00

Dari Tabel 2 hasil *tuning Ziegler-Nichols* dengan didapatkan nilai $K_p = 71,43$; untuk nilai $T_i = 296$ dan untuk nilai $T_d = 74$. Sedangkan dari tabel 3 untuk jenis controller PID didapatkan nilai $K_p = 118,54$ serta nilai T_i dan T_d bernilai sama dari hasil tabel 2. Dari semua hasil jenis controller PID ini dapat dimasukkan ke *source code*.

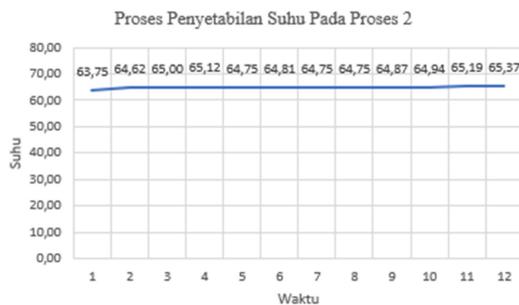
B. Pengujian pembuatan telur asin

Pengujian pembuatan telur asin menggunakan 24 telur bebek yang dilaksanakan pada tanggal 24 Juni 2021. Berikut gambar pengujian sebanyak 24 butir.

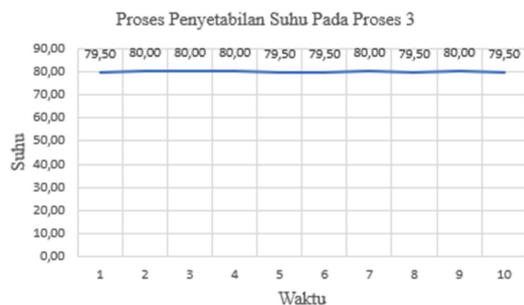


Gambar 18. Pengujian pembuatan telur asin

Pengujian selesai pada tanggal 26 Juni 2021 dikarenakan mulai pengujiannya malam hari. Pada proses pertama dilakukan perendaman telur asin menggunakan asam cuka dengan kondisi awal pH sebesar 2,4 dan kondisi akhir setelah pengujian sebesar 2,7. Data nilai pH sendiri didapatkan dari sensor pH. Berikut uji pH asam cuka kondisi awal dan akhir pengujian.



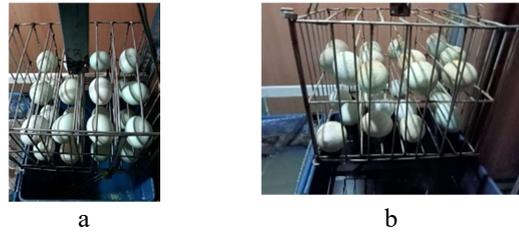
Gambar 19. Grafik penyetabilan suhu pada proses 2



Gambar 20. Grafik penyetabilan suhu pada proses 3

Dari gambar tampilan grafik gambar 19 dan 20 diatas dapat disimpulkan bahwa sensor suhu memang stabil karena menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) berada di set poin 65°C pada proses 2 dan di set poin 80°C pada proses 3. Sensor DS18B20 tersebut dalam

masa pengujian selama 24 jam pada proses 2 dan 2 jam pada proses 3 berjalan dengan baik sampai proses selesai. Berikut hasil telur setelah pengujian dan sebelum pengujian.



Gambar 21. Kondisi telur (a) Sebelum (b) Setelah

C. Analisa

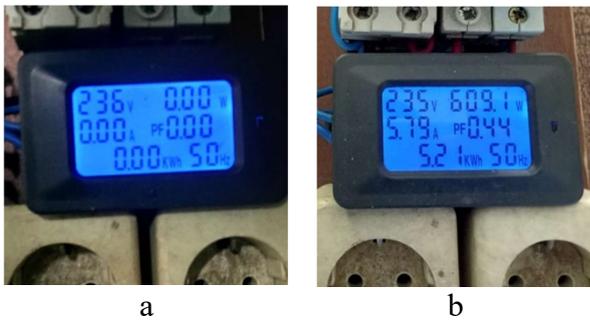
Dari hasil pengujian seluruh sistem dapat dianalisa bahwa mesin produksi telur asin secara cepat menggunakan metode PID (*Proportional Integral Derivative*) yang dapat bekerja baik. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil dari masing-masing pengujian komponen, sensor dan cara kerja sistem. Hasil pengujian pH menunjukkan nilai data logger sesuai dengan nilai pH meter yang diukur sebelum dan setelah pengujian. Hasil pengujian suhu menunjukkan bahwa nilai set poin 65°C dapat terjaga dalam kurung waktu 22 jam 7 menit dan nilai set poin 80°C dapat terjaga dalam kurung waktu 1 jam 16 menit, serta dari grafik pengujian juga menunjukkan bahwa penerapan metode PID dalam penelitian ini sangat diandalkan. Hasil pengujian RTC menunjukkan bahwa waktu di logger sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian motor dc dan stepper dapat berfungsi dan berjalan dengan baik. Hasil pengujian data logger memperlihatkan bahwa data yang dapat tertampung dalam proses logger mencapai 1761 data dimana pengujian selama 1 hari 5 jam 21 menit.

Dari hasil pengujian ternyata telur asin dalam keadaan kotor dikarenakan terdapat sedikit bekas cangkang telur yang melupas menempel ditelur tersebut, sehingga hasil telur asin harus dilakukan pembersihan secara manual. Ternyata setelah dilakukan pembersihan terdapat hasil telur asin dengan kondisi cangkang telur retak. Berikut gambar hasil pengujian setelah dilakukan pembersihan.



Gambar 22. Hasil pengujian (a) keseluruhan (b) telur retak

Dari gambar 22 diatas dapat disimpulkan telur yang berhasil sejumlah 20 dari 24 telur, sehingga tingkat keberhasilan sebesar $20/24 \times 100\% = 83,33\%$. Keretakan telur dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya bibit dari telur itu sendiri, tingkat ketebalan cangkang telur yang berbeda-beda tiap telur, serta bisa terjadi terlalu lama perendaman asam cuka yang dipengaruhi waktu penurunan dan pengangkatan wadah telur. Dari hasil watt meter selama pengujian menghasilkan 5,21 KWh dimana tiap KWh sebesar Rp. 1100 untuk tarif keperluan bisnis, sehingga total biaya dayanya sebesar $5,21 \times \text{Rp.}1100 = \text{Rp.} 5731$. Berikut gambar nilai KWh meter sebelum pengujian dan setelah pengujian.



Gambar 23. Nilai KWh (a) Sebelum pengujian (b) setelah pengujian

Dari hasil pengujian tersebut dilakukan uji laboratorium agar mengetahui nilai kadar garam, nilai kadar mikroba *salmonella* serta kadar mikroba *staphylococcus aureus*. Berikut tabel hasil uji laboratorium :

Tabel 4. Hasil uji laboratorium

Sampel	Pengulangan	Hasil Analisa		
		Kadar Garam (%)	Uji Mikroba	
			Salmonella (koloni / 25 g)	Staphylococcus aureus (koloni / 25 g)
Telur Asin	1	0,79	Negatif	7
	2	0,81	Negatif	5
	3	0,86	Negatif	6
Rata-rata		0,82	Negatif	6

Dari hasil uji laboratorium dilakukan tiga pengulangan dalam pengujian yang didapatkan nilai kadar garam yang memiliki nilai rata-rata 0,82 %, kandungan mikroba *salmonella* bernilai negatif serta kandungan *staphylococcus aureus* yang memiliki nilai rata-rata 6 koloni/25g atau 0,24 koloni/g. Dari hasil tersebut kandungan mikroba pada hasil telur asin masih dalam batas SNI yaitu kurang dari 10, serta pada kandungan kadar garam masih kurang dalam batas minimal SNI yaitu 2%. Dari data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa kurangnya kadar garam disebabkan terlalu encernya adonan pada proses pengasinan yang mengakibatkan tekanan osmotik berkurang serta nilai kandungan mikroba yang tidak bernilai negatif dipengaruhi oleh kondisi kadar garam yang kurang dari minimum.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian hasil perancangan, implementasi dan hasil pengujian hasil alat dan sistem yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan uji sistem didapatkan motor DC berjalan dengan baik, tingkat kecerahan sensor pH sebesar 0,715, tingkat *error* sensor suhu pertama sebesar 0,24%, tingkat kecerahan sensor suhu kedua sebesar 0,29%, serta modul RTC DS3231 dan pengiriman data logger berjalan baik

2. Dari hasil penelitian ini dapat menciptakan rancangan bangun pembuatan telur asin secara cepat menggunakan controller PID (Proportional Integral Derivative) Zeigler-Nichols yang dapat berjalan dengan baik.

3. Pada hasil pengujian telur dinyatakan berhasil dengan sebanyak 24 buah terdapat 4 buah yang mengalami keretakan sehingga presentase keberhasilan sebesar 83,33%.

Serta biaya listrik yang dibutuhkan sebesar 5,21 KWh×Rp.1100=Rp 5731.

4. Pada hasil pengujian laboratorium terhadap hasil telur asin dari mesin ini menghasilkan uji mikroba *samonella* bernilai negatif, uji *staphylococcus aureus* memiliki nilai rata-rata 6 dengan batas maksimum SNI sebesar 10 serta nilai garam memiliki rata-rata 0,82 % dengan batas minimal SNI sebesar 2 %.

5. Faktor yang sangat mempengaruhi hasil telur asin antara lain bibit dari telur, tingkat ketebalan cangkang telur serta pengaruh waktu perendaman asam cuka.

Dalam hal ini, peneliti pemberi saran terkait dengan rancang bangun pembuat telur asin secara cepar menggunakan controller PID untuk ke depannya.sebagai berikut: pada penelitian selanjutnya sebaiknya dikembangkan menjadi lebih besar dengan muat telur lebih banyak sehingga biaya listriknya bisa sesuai dengan hasilnya, pada penelitian selanjutnya sebaiknya dikembangkan untuk membersihkan telur aain setelah proses, pada penelitian selanjutnya sebaiknya mencoba metode lain yang lebih efektif dan lebih hemat biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Susilo, "Teknologi Pembuatan Telur Asin Selama 3 Jam Melalui Manipulasi Tekanan Osmotik," J. Litbang Sukowati Media Penelit. dan Pengemb., vol. 1, no. 1, pp. 12–21, 2017.
- [2] J. Timur, "Pengembangan Produksi Telur Asin ' SIFAH ', Desa Gesing , Banjar Sari , Buduran , Gambar 2 . Peta Jaringan Suplay Telur Bebek Hj . Sifah Sumber : Hasil survai Tim IbM Gambar 3 . Salah Satu Peternak Bebek Suplier Hj . Sifah (Mitra 2) Sumber : Hasil s,," vol. 02, no. 01, pp. 91–102, 2016.
- [3] H. Yuniati and Almasyuri, "Pengaruh Perbedaan Media Dan Waktu Pengasinan Pada Pembuatan Telur Asin Terhadap Kandungan Iodium Telur,," Media Heal. Res. Dev., vol. 22, no. 3 Sep, pp. 138–143, 2013.
- [4] D. Ilmu, T. Peternakan, F. Peternakan, and I. P. Bogor, "Sifat Fisik, Kimia Dan Organoleptik Telur Asin Melalui Penggaraman Dengan Tekanan Dan Konsentrasi Garam Yang Berbeda,," J. Ilmu Produksi dan Teknol. Has. Peternak., vol. 3, no. 3, pp. 142–145, 2016.
- [5] K. Venkatchalam and M. Nagarajan, "Assessment of different proteases on degree of hydrolysis, functional properties and radical scavenging activities of salted duck egg white hydrolysate,," J. Food Sci. Technol., vol. 56, no. 6, pp. 3137–3144, 2019.
- [6] Atmel, "Arduino Mega 2560 Datasheet,," Power, pp. 1–7, 2015.
- [7] I. A. Rozaq, N. Yulita, D. Setyaningsih, and K. Kunci, "Karakterisasi dan kalibrasi sensor ph menggunakan arduino uno,," pp. 244–247, 2018.
- [8] R. Pratiwi, "Penentuan Sumber Panas Dengan Metode Tomografi Menggunakan Sensor Termometer Digital Ds18B20,," 2009.
- [9] G. N. PRAKASA, "Prototipe Kunci Pintu Menggunakan Motor Stepper Berbasis Arduino Mega 2560 dengan Perintah Suara pada Android,," ABA J., vol. 102, no. 4, pp. 24–25, 2017.
- [10] R. Birdayansyah, N. Soedjarwanto, and O. Zebua, "Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino,," Rekayasa dan Teknol. Elektro Pengendali., vol. 9, no. 2, pp. 1–12, 2015.
- [11] M. Saleh and M. Haryanti, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,," J. Teknol. Elektro, Univ. Buana, vol. 8, no. 2, pp. 1–8, 2017.
- [12] M. Fadol, "Rancang Bangun Robot Pelukis Tembok Otomatis Metode Trajectory Planning,," pp. 1–73, 2019.
- [13] M. Eko Kustiawan ST, "Meningkatkan Efisiensi Peralatan dengan Menggunakan Solid State Relay (SSR) dalam Pengaturan Suhu Pack Pre-Heating Oven (PHO),," CIR J. STT YUPPENDEK, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [14] T. Utami, "Hotplate Stirer,," 2014.
- [15] M. N. Fahmi, "Kontrol dan Monitoring Pengolahan Air Limbah Cairan Deterjen Berbasis Microcontroller,," 2019.
- [16] T. Suryanto, M. Juhan Dwi, Rijanto, "Rancang Bangun Alat Pencatat Biaya Pemakaian Energi Listrik pada Kamar Kos Menggunakan

Modul Global System For Mobile Communications (GSM) 800L Berbasis Arduino Uno,” Jur. Tek. Elektro, vol. 8, pp. 47–55, 2019.

- [17] Vi. A. Pratama, “Rancang Bangun Data Logger Berbasis SD Card Pengukur Suhu Ruangan Laboratorium Di Balai Riset Dan Standardisasi Industri Surabaya,” vol. 3, no. 2, p. 6, 2021.
- [18] Z. Jamal, J. Informatika, Z. Jamal, and F. I. Komputer, “Implementasi Kendali PID Penalaan Ziegler-Nichols,” vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015