

IMPLEMENTASI METODE ZERO CROSSING UNTUK MENGHEMAT DAYA PADA *RICE COOKER* DENGAN CARA MENGATUR SUHU BERBASIS *PID*

Implementation of Zero Crossing Methods to Save Power on Rice Cooker by Setting PID Based Temperature

Mohamad Aji Saputra¹, Rohmat Tulloh, S.T., M.T.², Dadan Nur Ramadan, S.Pd., M.T.³
^{1,2,3}Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom

¹Muhajisaputra10@gmail.com, ²Rohmatth@telkomuniversity.ac.id
³Dadannr@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Berkembangnya teknologi membuat manusia lebih menyukai sesuatu yang praktis dan efisien. Hal tersebut juga terjadi pada penggunaan rice cooker. Ada berbagai macam rice cooker di pasaran, namun terdapat beberapa permasalahan yang terjadi pada proses pengontrolan suhu. Sedangkan untuk memasak sesuatu bahan makanan dibutuhkan respon suhu yang cepat dan stabil. Sehingga kematangan menjadi sempurna dan tidak merusak masakan. Oleh karena itu, pada proyek akhir ini dibuat suatu alat pengontrol suhu secara otomatis pada rice cooker sesuai set point yang diinginkan dengan Metode Zero Crossing. Metode zero crossing detector merupakan rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan rangkaian triac, untuk mengatur suhu panas pada rice cooker yang nantinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan user. Hasil dari pengimplementasian proyek akhir ini didapatkan hasil berupa pengontrol suhu pada rice cooker menggunakan metode zero crossing untuk mengatur suhu. Alat ini menggunakan cara kerja double setpoint. Setpoint pertama digunakan untuk memasak sesuai input yang ditentukan user, sedangkan setpoint kedua dikontrol dengan arduino secara otomatis sebesar 75°C yang berfungsi untuk menghangatkan makanan.

Kata Kunci: *Zero Crossing, Rice cooker, Arduino*

ABSTRACT

The development of technology makes people prefer something practical and efficient. This also happens in the use of rice cookers. There are various types of rice cookers in the market, but there's several problems happens that occur in the temperature control process. While to cook something food, a fast and stable temperature response is needed. So that cooked quality becomes perfect and does not impact to food. In this final project a temperature controller is automatically made on the rice cooker according to the desired set point with the Zero Crossing Method. The zero crossing detector method is a circuit used to detect a 220volt AC sine wave when passing a zero voltage point. Opposite the detected zero is the transition from positive to negative and the transition from negative to positive. This crossing of the zero point is a reference that is used as the beginning of giving the value of the delay time for triggering the triac circuit, to regulate the heat temperature in the rice cooker which can later be adjusted according to user requirements. The results of implementing this final project are obtained in the form of a temperature controller in a rice cooker using the zero crossing method to regulate the temperature. This tool uses the work of double setpoint. The first setpoint is used for cooking according to user-specified input, while the second setpoint is controlled with Arduino automatically by 75 which serves to warm food.

Keywords: *Zero Crossing, Rice cooker, Arduino*

1. Pendahuluan

Rice Cooker adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk memasak atau menanak nasi. Saat pertama kali diproduksi, rice cooker memang hanya berfungsi sebagai alat untuk memasak atau menanak nasi, namun seiring dengan perkembangan produksinya, rice cooker yang digunakan saat ini tidak hanya berfungsi untuk memasak atau menanak nasi. Rice cooker saat ini juga dapat digunakan untuk menghangatkan nasi, mengukus kue, menghangatkan lauk, dll. Akan tetapi tidak semua produk rice cooker dapat digunakan secara multi fungsi dikarenakan terbatasnya fitur pada perangkat rice cooker tersebut. Pada produk rice cooker tertentu suhu yang dihasilkan oleh rice cooker tidak dapat diatur sesuai kebutuhan sehingga kurang efisien, Kerusakan yang sering terjadi pada rice cooker yang berdampak pada menurunnya kualitas nasi dikarenakan suhu rice cooker yang tidak sesuai dengan standar suhu yang berkisar 75°C. Apabila suhu terlalu tinggi dari standar akan menyebabkan nasi mudah mengering dan menguning, sedangkan apabila suhu kurang dari standar akan menghasilkan kualitas nasi yang mudah lembek dan gampang basi[6].

Dari permasalahan yang telah dipaparkan diatas munculah sebuah ide untuk merancang alat pengontrol suhu pada rice cooker dengan menggunakan metode zero crossing detector. Metode zero crossing detector merupakan rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan triac[1]. Rangkaian tersebut digunakan untuk mengatur step suhu atau level panas pada rice cooker yang nantinya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan. Hasil dari rangkaian zero crossing

detector akan di deteksi oleh sensor thermocouple. Sensor thermocouple akan mendeteksi suhu untuk mengendalikan suatu proses menanak, mengukus dan mengolah bahan makanan lainnya. Sensor suhu akan dijadikan sebagai input tegangan analog yang akan diproses pada rangkaian ADC. Rangkaian ADC akan merubah data masukan analog menjadi data digital. Keluaran digital tersebut akan di proses pada Arduino. Sistem pada arduino juga akan mengatur suhu pada rice cooker tersebut. Besaran suhu yang telah diproses oleh Arduino akan ditampilkan pada LCD.

Ketika proses memasak dalam rice cooker ini selesai maka dia akan otomatis pindah ke proses menghangatkan dan buzzer otomatis berbunyi. Sehingga diharapkan sistem pengendali suhu pada alat rice cooker yang akan dibuat ini dapat memberikan sumbangan bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi elektronika rumah tangga pada khususnya. Meninjau dari penelitian sebelumnya oleh Anak Agung Gde Ekayana dan Anak Agung Ratna Rakasiwi (2018) yang mengimplementasikan rancang bangun pengaman berbasis zero crossing detector pada power supply[3]. Rancang bangun tersebut bertujuan untuk menstabilkan tegangan listrik yang masuk ke dalam power supply. Sehingga dapat lebih menjaga dan memperpanjang usia pemakaian perangkat elektronik yang terhubung dengan power supply tersebut. Pada proyek akhir ini diharapkan dapat mengimplementasikan perangkat rice cooker yang menstabilkan suhu dan dapat diatur secara manual sesuai kebutuhan dengan menggunakan metode zero crossing..

2. Dasar Teori

2.1 Rice Cooker

Rice cooker berfungsi untuk memasak nasi dan otomatis merubah mode jadi mode penghangat dan terdapat beberapa komponen komponen pada rice cooker. Prinsip kerja rice cooker Pada waktu menanak nasi, saklar akan terhubung dengan elemen pemanas utama, arus listrik langsung menuju ke elemen utama dan lampu rice cooking menyala. Ketika suhu pemanas mencapai maksimal dan nasi sudah matang maka thermostat trip (magnet dari otomatis) langsung menggerakkan tuas sehingga posisi saklar jadi berubah mengalirkan listrik menuju ke elemen penghangat nasi melewati thermostat[10].

2.2 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano adalah salah satu varian dari produk board mikrokontroler keluaran Arduino. Arduino Nano adalah board Arduino terkecil, menggunakan mikrokontroler Atmega 328 untuk Arduino Nano 3.x dan Atmega168 untuk Arduino Nano 2.x. Varian ini mempunyai rangkaian yang sama dengan jenis Arduino Duemilanove, tetapi dengan ukuran dan desain PCB yang berbeda. Arduino Nano tidak dilengkapi dengan soket catudaya, tetapi terdapat pin untuk catu daya luar atau dapat menggunakan catu daya dari mini USB port. Arduino Nano didesain dan diproduksi oleh Gravitech[2].

2.3 Sensor Suhu Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor suhu yang sering digunakan untuk mengubah perbedaan antara suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik (voltage). Termokopel yang memiliki design sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama (universal), serta dapat juga mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang sangat besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. Selain itu sensor ini dapat dikalibrasi secara langsung ke derajat celcius[11].

2.4 Zero Cross Detector

Zero cross detector adalah rangkaian yang dapat digunakan untuk mendeteksi sebuah gelombang sinus AC 220volt pada saat melewati titik tegangan nol. Seberangan dari titik nol yang dapat dideteksi adalah peralihan dari polaritas positif menuju polaritas negatif dan sebaliknya. Seberangan titik nol tersebut merupakan acuan yang dapat digunakan sebagai awal pemberian nilai delay untuk memicu triac. Rangkaian pembentuk zero cross detector berupa IC optocoupler yang terdiri dari led infra merah dan transistor. Rangkaian zero cross detector diaplikasikan pada saat pemberian bias tegangan gate pada triac. Rangkaian zero cross detector ini digunakan perangkat pengontrol elemen pemanas atau beban AC yang dikendalikan oleh triac[13].

2.5 IC MOC 3021

Rangkaian MOC3021 digunakan sebagai driver beban AC yang mampu dilewati 450V AC. Rangkaian ini terdiri dari komponen optocoupler dengan nomor seri MOC3021 dan komponen triac dengan nomor seri BT136 dan sebuah resistor yang akan di pasang pada triac[9].

2.6 LCD Karakter 16X2

Liquid Crystal Display (LCD) berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus yang rendah. LCD (Liquid Cristal Display) dot matrik M1632 merupakan modul LCD buatan hitachi. Modul LCD (Liquid Cristal Display) dot matrik M1632 terdiri dari bagian penampil karakter (LCD) yang berfungsi menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor LCD dalam bentuk modul dengan mikrokontroler yang diletakan dibagian belakan LCD tersebut yang berfungsi untuk mengatur tampilan LCD serta mengatur komunikasi antara LCD dengan mikrokontroler yang menggunakan modul LCD tersebut. LCD M1632 merupakan modul LCD dengan tampilan 16×2 (16 kolom x 2 baris) dengan konsumsi daya rendah[7].

2.7 Triac BT136

Triac merupakan komponen semikonduktor yang tersusun atas diode empat lapis berstruktur p-n-p-n dengan tiga p-n junction. Triac memiliki tiga buah elektrode, yaitu : gate, MT1, MT2. Triac biasanya digunakan sebagai pengendali dua arah (bi-directional)[5].

2.8 Optocoupler PC817

Optocoupler PC817 digunakan sebagai saklar digital seperti halnya transistor. Yang membedakan keduanya yaitu antara pengirim sinyal dan penerima sinyal, pada octocoupler terpisah sedangkan pada transistor menyatu[4].

2.9 PID

Sistem Kontrol PID (Proportional–Integral–Derivative controller) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut (Feedback).

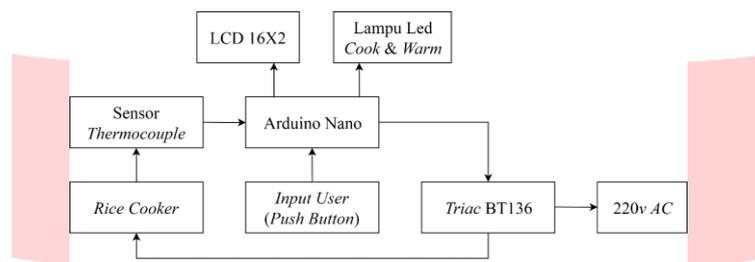
2.10 Dioda Bridge

Dioda Bridge (Bridge Diode) atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Dioda Jembatan adalah jenis dioda yang berfungsi sebagai penyearah arus bolak-balik (Alternating Current/AC) menjadi arus searah (Direct Current/DC).

3. Perancangan Sistem

Suhu dari elemen pemanas rice cooker akan dibaca oleh sensor Thermocouple dari nilai tegangan ini akan dikonversi oleh mikrokontroler menjadi range nilai digital. Input user memakai push button (tombol) untuk mengatur suhu di rice cooker 0 – 150 oC yang akan dikontrol oleh mikrokontroler, dan mikrokontroler juga akan mengatur daya untuk rangkaian triac dengan menggunakan metode zero crossing. Metode zero crossing detector merupakan rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemunculan triac.

Prinsip kerja dari rangkaian triac adalah untuk memotong atau tidaknya arus listrik yang akan berpengaruh pada suhu, rangkaian triac ini di gunakan untuk menyesuaikan antara suhu dari sensor thermocouple dan input user apabila suhu dari thermocouple berlebih dan tidak sesuai dengan input user maka arus listrik akan di potong oleh rangkaian triac, dan jika suhu dari sensor thermocouple kurang dan tidak sesuai dengan input user maka mikrokontroler akan menambah daya arus listrik dan rangkaian triac akan membaskan arus listrik agar suhu dari sensor thermocouple dan input user (push button) sesuai yang di inginkan. Sistem kerja dari alat ini mempunyai double setpoint untuk memasak dan menghangatkan, Sistem ini juga mempunyai lampu LED yang dikontrol oleh arduino disaat memasak dan menghangatkan, setpoint pertama digunakan untuk memasak dengan suhu maksimal 150°C yang ditandai dengan lampu LED (cook) dan apabila suhu telah mencapai selisih 2 dari setpoint pertama yang diinginkan user, maka sistem akan otomatis berpindah ke setpoint kedua untuk menghangatkan makanan dengan suhu 75°C yang ditandai juga dengan lampu LED (warm).



Gambar 3. 1 Diagram Blok Sistem

4. Pengujian dan Analisis

Bab ini membahas tentang pengujian dan analisis dari perancangan perangkat sistem. Pengujian dilakukan untuk mengetahui proses kerja dan karakteristik perangkat sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian dilakukan dengan menguji sistem secara keseluruhan.

4.1 Pengujian Arus Alat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui arus pada rice cooker di saat suhu melebihi setpoint dan di saat suhu berkurang dari setpoint. Pengujian ini dilakukan menggunakan multimeter untuk mengetahui arus listrik pada rice cooker.

4.1.1 Pengujian Arus Listrik Alat Disaat Suhu Dibawah Dari Setpoint

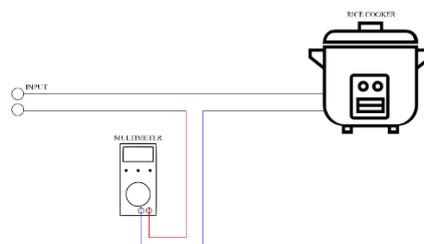
Tabel 4. 1 Pengujian Arus Listrik Disaat Suhu Dibawah Dari Setpoint.

Sensor Thermocouple	Setpoint	Daya yang dibutuhkan	Arus Listrik
73.25°C	75.00°C	3.94%	0.07 Ampere

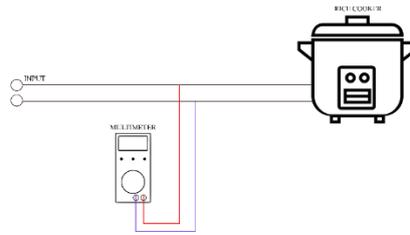
Pada tabel 4.1 menjelaskan bahwa disaat suhu dibawah dari setpoint (75°C) yang ditentukan, maka alat akan mengalirkan arus sebesar 0.7 ampere pada rice cooker sesuai yang dibutuhkan untuk mencapai suhu setpoint yang ditentukan dengan tegangan listrik sebesar 220v. arus yang di alirkan pada rice cooker disaat suhu dibawah setpoint bisa berubah-ubah sesuai yang di butuhkan untuk mencapai setpoint yang di tentukan.

4.2 Metode Pengukuran Arus dan Tegangan

Metode pengukuran ini menjelaskan cara untuk mengukur arus dan tegangan terhadap rice cooker normal dan rice cooker berbasis PID.

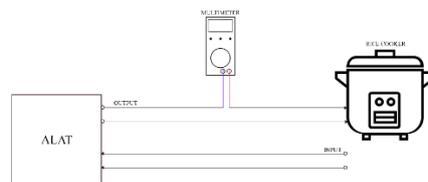


Gambar 4. 1 Pengukuran Arus Rice Cooker Normal

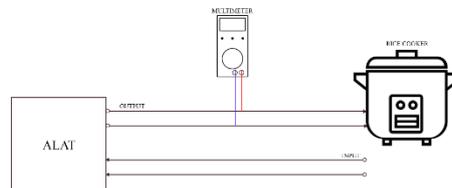


Gambar 4. 2 Pengukuran Tegangan *Rice Cooker* Normal

Pada Gambar 4.3 dan 4.4 Menunjukkan cara untuk mengukur arus dan tegangan terhadap *rice cooker* normal. *Input* yang menuju *rice cooker* akan diukur arus dan tegangannya. Pengukuran arus dilakukan secara seri, sedangkan pengukuran tegangan dilakukan secara paralel.



Gambar 4. 3 Pengukuran Arus *Rice Cooker* Menggunakan PID



Gambar 4. 4 Pengukuran Tegangan *Rice Cooker* Menggunakan PID

Pada Gambar 4.5 dan 4.6 Menunjukkan cara untuk mengukur arus dan tegangan terhadap *rice cooker* yang sudah menggunakan PID. *Input* akan menuju alat setelah itu alat akan mengeluarkan *output* terhadap rice cooker, output dari alat akan diukur arus dan tegangannya. Pengukuran arus akan dilakukan secara seri sedangkan pengukuran tegangan dilakukan secara paralel.

4.1.2 Pengujian Arus Listrik Alat Disaat Suhu Diatas Dari Setpoint

Tabel 4. 1 Pengujian Arus Listrik Alat Disaat Suhu Thermocouple Dari Setpoint

Sensor Thermocouple	Setpoint	Daya yang dibutuhkan	Arus Listrik
76.25°C	75.00°C	0%	0.0 Ampere

Pada tabel 4.2 menjelaskan bahwa disaat suhu diatas dari setpoint (75°C) yang ditentukan maka alat tidak akan mengalirkan arus pada rice cooker agar suhu turun sampai setpoint yang ditentukan.

4.1.3 Pengujian Arus Listrik Rice Cooker

Pengujian ini dilakukan untuk melihat perbedaan arus listrik *rice cooker* normal dengan *rice cooker* berbasis PID selama 60 menit.

Tabel 4. 3 Pengujian Arus Listrik *Rice Cooker*

No	Rice Cooker Normal		Rice Cooker menggunakan PID		Tegangan Listrik (Volt)	Waktu (Menit)
	Suhu(°C)	Arus(Ampere)	Suhu(°C)	Arus(Ampere)		
1	30.00	0.16	30.00	1.5	221	1
2	54.25	0.16	61.00	1.5	221	2
3	60.75	0.16	68.00	1.5	221	3
4	64.00	0.16	74.75	0.02	221	4
5	67.50	0.16	74.50	0.03	221	5
6	64.00	0.16	74.00	0.06	221	6
7	68.25	0.16	74.50	0.02	221	7
8	64.00	0.16	73.50	0.07	221	8
9	65.00	0.16	73.00	0.08	221	9
10	64.00	0.16	74.25	0.06	221	10
11	64.00	0.16	73.75	0.07	221	11
12	67.25	0.16	74.50	0.06	221	12
13	64.00	0.16	74.00	0.07	221	13
14	67.00	0.16	74.25	0.06	221	14
15	64.00	0.16	73.00	0.08	221	15
16	64.00	0.16	74.50	0.06	221	16
17	67.25	0.16	73.25	0.08	221	17
18	64.00	0.16	73.75	0.07	221	18
19	64.00	0.16	74.25	0.06	221	19
20	64.00	0.16	73.00	0.08	221	20
21	67.00	0.16	74.25	0.03	221	21
22	64.00	0.16	74.75	0.02	221	22
23	64.00	0.16	73.75	0.06	221	23
24	64.00	0.16	74.50	0.06	221	24
25	64.50	0.16	73.25	0.07	221	25
26	64.00	0.16	74.50	0.06	221	26
27	64.00	0.16	74.25	0.06	221	27
28	65.50	0.16	73.50	0.06	221	28
29	64.00	0.16	74.25	0.06	221	29
30	64.00	0.16	74.75	0.02	221	30
31	65.00	0.16	73.25	0.06	221	31
32	64.25	0.16	74.25	0.07	221	32
33	63.75	0.16	74.00	0.06	221	33
34	62.00	0.16	74.75	0.02	221	34
35	63.50	0.16	74.50	0.03	221	35
36	64.00	0.16	74.00	0.06	221	36
37	66.25	0.16	74.50	0.02	221	37
38	67.00	0.16	73.50	0.07	221	38
39	65.00	0.16	73.00	0.08	221	39
40	64.00	0.16	74.25	0.06	221	40
41	65.25	0.16	73.75	0.07	221	41
42	67.25	0.16	74.50	0.06	221	42

No	Rice Cooker Normal		Rice Cooker menggunakan PID		Tegangan Listrik (Volt)	Waktu (Menit)
	Suhu(°C)	Arus(Ampere)	Suhu(°C)	Arus(Ampere)		
43	66.00	0.16	74.00	0.07	221	43
44	65.00	0.16	74.25	0.06	221	44
45	64.00	0.16	73.00	0.08	221	45
46	64.00	0.16	74.50	0.06	221	46
47	68.25	0.16	73.25	0.08	221	47
48	64.00	0.16	73.75	0.07	221	48
49	64.50	0.16	74.25	0.06	221	49
50	64.00	0.16	73.00	0.08	221	50
51	63.00	0.16	74.25	0.03	221	51
52	64.00	0.16	74.75	0.02	221	52
53	65.00	0.16	74.75	0.02	221	53
54	63.00	0.16	74.50	0.06	221	54
55	64.50	0.16	73.25	0.07	221	55
56	64.00	0.16	74.50	0.06	221	56
57	64.00	0.16	74.25	0.02	221	57
58	64.50	0.16	73.50	0.07	221	58
59	64.00	0.16	74.25	0.06	221	59
60	64.00	0.16	73.75	0.06	221	60

Pada Tabel 4.3 menjelaskan perbedaan arus listrik yang digunakan pada *rice cooker* normal dan *rice cooker* menggunakan PID dengan waktu pengujian 1 jam dan tegangan sebesar 221 V.

$$P = V \times I$$

$$P = 221 V \times 0.16 A$$

$$P = 35.36 W$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas dalam waktu pengujian 1 jam didapatkan hasil berupa penggunaan daya sebesar 0.03536 Kwh dan arus yang dialirkan sebesar 0.16 A.

Sedangkan pada *rice cooker* berbasis PID arus yang dialirkan tidak konstan maka dari itu arus yang dihasilkan harus terlebih dahulu didapatkan nilai rata-rata nya.

$$\begin{aligned} \text{Rata - rata} &= \frac{\text{Total Nilai Arus}}{60} \\ &= \frac{0.02 + 0.06 + 0.06 + \dots + 0.06}{60} \\ &= 0.12 A \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan rata-rata arus yang dialirkan pada *rice cooker* berbasis PID sebesar 0.12 A.

$$P = V \times I$$

$$P = 221 \times 0.12 A$$

$$P = 26.52 W$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas daya yang digunakan sebesar 0.02652 Kwh dalam waktu pengujian selama 1 jam.

$$\begin{aligned} \text{Selisih} &= \text{Nilai Terbesar} - \text{Nilai Terkecil} \\ &= 35.36 - 26.52 \\ &= 8.84 Kwh \end{aligned}$$

Perhitungan selisih ini membuktikan bahwa *rice cooker* berbasis pid lebih menghemat daya dibandingkan dengan *rice cooker* normal.

4.2 Pengujian Suhu Rice Cooker

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan apakah suhu dari sensor *thermocouple* yang di pasang di bagian elemen pemanas *rice cooker* sama dengan suhu makanan yang ada didalam *rice cooker* dengan menggunakan sensor suhu *digital TP 101*. Bentuk dari pengujian ini untuk mencari seberapa besar *error* yang didapatkan dari suhu *thermocouple* dengan rumus:

$$Error = \frac{\text{Suhu Thermometer} - \text{Suhu Thermocouple}}{\text{Suhu Thermometer}} \times 100\%$$

Tabel 4. 2 Pengujian Suhu *Thermocouple* dan *Thermometer* Saat Menghangatkan

No. Pengujian	Suhu <i>Thermocouple</i> (°C)	Suhu <i>Thermometer</i> (°C)	<i>Error</i>
1	74.75	77.6	3.73%
2	75.50	78.9	4.39%
3	75.75	79.5	4.71%
4	73.75	76.6	3.72%
5	74.00	72.9	1.5%
6	74.50	75.8	1.71%
7	75.75	78.6	3.62%
8	74.55	75.6	1.38%
9	74.25	78.2	5.05%
10	73.25	72.2	1.4%

Berdasarkan data Tabel diatas didapatkan hasil *error* dari beberapa percobaan yang mempunyai range 1.4% sampai 5.05% *error* yang di dapat. Hal ini menunjukan bahwa *thermocouple* berfungsi dengan baik yang ditunjukkan dengan *error* yang didapat dari sensor *thermocouple* hanya sebesar 5.05%.

4.1.4 Pengujian Arus Listrik Rice Cooker Saat Memasak

Pengujian ini dilakukan untuk melihat perbedaan arus pada *rice cooker* normal dengan *rice cooker* berbasis PID saat keadaan memasak. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 2 cup beras sebagai bahan uji coba dengan waktu pengujian selama 24 menit.

Tabel 4. 3 Pengujian Arus Listrik *Rice Cooker* Saat Memasak

No	<i>Rice Cooker</i> Normal		<i>Rice Cooker</i> menggunakan PID		Tegangan Listrik (Volt)	Waktu (Menit)
	Suhu(°C)	Arus(Ampere)	Suhu(°C)	Arus(Ampere)		
1	30.00	1.5	30.00	1.5	221	1
2	40.25	1.5	41.00	1.5	221	2
3	49.75	1.5	50.00	1.5	221	3
4	62.00	1.5	62.25	1.5	221	4
5	79.50	1.5	80.00	1.5	221	5
6	88.00	1.5	88.50	1.5	221	6
7	99.25	1.5	100.00	1.5	221	7
8	112.00	1.5	112.25	1.5	221	8
9	115.00	1.5	115.75	1.5	221	9
10	118.00	1.5	118.50	1.5	221	10
11	121.00	1.5	121.00	1.5	221	11
12	123.25	1.5	123.50	1.5	221	12
13	124.25	1.5	124.75	1.5	221	13
14	125.00	1.5	125.75	1.5	221	14
15	126.25	1.5	126.25	1.5	221	15
16	127.00	1.5	127.25	1.5	221	16
17	128.25	1.5	128.75	1.5	221	17
18	129.75	1.5	129.75	1.5	221	18
19	130.25	1.5	130.50	1.5	221	19
20	131.25	1.5	131.25	1.5	221	20
21	132.50	1.5	132.25	1.5	221	21
22	133.25	1.5	133.50	1.5	221	22
23	134.25	1.5	134.25	1.5	221	23

No	Rice Cooker Normal		Rice Cooker menggunakan PID		Tegangan Listrik (Volt)	Waktu (Menit)
	Suhu(°C)	Arus(Ampere)	Suhu(°C)	Arus(Ampere)		
24	135.50	1.5	135.25	1.5	221	24

Berdasarkan Tabel 4.4 selama waktu pengujian selama 24 menit, dengan tegangan sebesar 221 V pada *rice cooker* menghasilkan nilai arus yang dialirkan pada kedua *rice cooker* tersebut sebesar 1.5 A.

$$P = V \times I$$

$$P = 221 \times 1.5 \text{ A}$$

$$P = 331.5 \text{ W}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas menunjukkan bahwa daya yang digunakan pada kedua *rice cooker* saat memasak nasi selama 24 menit sebesar 331.5W.

4.4 Pengujian Suhu Rice Cooker Saat Memasak

Bentuk Pengujian ini adalah berhasil atau tidaknya suhu sensor *thermocouple* saat memasak mencapai suhu *setpoint* yang ditentukan.

Tabel 4. 4 Pengujian Suhu *Rice Cooker* Saat Memasak

No	Setpoint (°C)	Suhu Sensor Thermocouple (°C)	Keterangan
1	80.00	78.75	Selisih 2 dari Setpoint
2	85.00	83.25	Selisih 2 dari Setpoint
3	90.00	88.25	Selisih 2 dari Setpoint
4	95.00	93.25	Selisih 2 dari Setpoint
5	100.00	98.25	Selisih 2 dari Setpoint
6	105.00	103.25	Selisih 2 dari Setpoint
7	110.00	108.25	Selisih 2 dari Setpoint
8	115.00	113.25	Selisih 2 dari Setpoint
9	120.00	118.25	Selisih 2 dari Setpoint
10	125.00	123.25	Selisih 2 dari Setpoint
11	130.00	128.75	Selisih 2 dari Setpoint
12	135.00	133.25	Selisih 2 dari Setpoint
13	140.00	138.25	Selisih 2 dari Setpoint
14	145.00	143.75	Selisih 2 dari Setpoint
15	150.00	148.25	Selisih 2 dari Setpoint

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan bahwa, jika suhu sensor *thermocouple* sudah mencapai selisih 2 dari *setpoint* yang ditentukan maka *setpoint* akan berpindah dari mode memasak (*cook*) ke mode menghentikan (*warm*).

4.5 Pengujian Suhu Memasak Nasi Dengan Massa Nasi 120 Gram (1 cup)

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian memasak nasi dengan suhu sebesar 135 °C dengan takaran beras sebanyak 120 Gram atau setara dengan 1 cup nasi berukuran kecil. Dengan debit air sebanyak 160 ml.



Gambar 4. 2 Takaran Nasi Yang Digunakan.



Gambar 4. 3 Hasil Pengujian Nasi 1 Cup.

Gambar 4.4 adalah hasil pengujian memasak nasi 1 cup yang memakan waktu selama ± 13 menit. Nasi yang dihasilkan berhasil dimasak secara matang dengan suhu sebesar 135°C .

4.6 Pengujian Suhu Memasak Nasi Dengan Massa Nasi 240 Gram (2 cup)

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian memasak nasi dengan suhu sebesar 135°C dengan takaran beras sebanyak 240 Gram atau setara dengan 2 cup nasi berukuran kecil. Dengan debit air sebanyak 320 ml.



Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Nasi 2 Cup.

Gambar 4.4 adalah hasil pengujian memasak nasi 2 cup yang memakan waktu selama ± 21 menit. Nasi yang dihasilkan berhasil dimasak secara matang dengan suhu sebesar 135°C .

4.7 Pengujian Suhu Memasak Nasi Dengan Massa Nasi 360 Gram (3 cup)

Pada pengujian kali ini, dilakukan pengujian memasak nasi dengan suhu sebesar 135°C dengan takaran beras sebanyak 360 Gram atau setara dengan 3 cup nasi berukuran kecil. Dengan debit air sebanyak 480 ml.



Gambar 4. 5 Hasil Pengujian Nasi 3 Cup.

Gambar 4.5 adalah hasil pengujian memasak nasi 3 cup yang memakan waktu selama ± 31 menit. Nasi yang dihasilkan berhasil dimasak secara matang dengan suhu sebesar 135°C .

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Memasak Dengan Suhu 135°C

No	Beras (Gram)	Air (milliliter)	Waktu (Menit)	Suhu($^{\circ}\text{C}$)
1	½ Cup (60 Gram)	80ml	8	135
2	1 Cup (120 Gram)	160ml	13	135
3	1 ½ Cup (180 Gram)	240ml	17	135
4	2 Cup (240 Gram)	320ml	21	135
5	2 ½ Cup (300 Gram)	400ml	26	135
6	3 Cup (360 Gram)	480ml	31	135

Berdasarkan Tabel 4.6 menjelaskan bahwa disaat memasak dengan suhu 135°C dengan takaran ½ - 3 cup beras berhasil dimasak dengan matang.

4.8 Pengujian Menghangatkan Menggunakan Rice Cooker Normal dan Rice Cooker Berbasis PID

Tabel 4. 6 Hasil Menghangatkan Nasi Menggunakan Rice Cooker Normal

Waktu Pengujian	Kondisi Nasi				
	Kering	Lembek & Basah	Nasi Berwarna Kuning	Bau Tidak Sedap	Layak Dikonsumsi
2 jam	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Ya
4 jam	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
8 jam	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak

Tabel 4. 7 Hasil Menghangatkan Nasi Menggunakan Rice Cooker Berbasis PID

Waktu Pengujian	Kondisi Nasi				
	Kering	Lembek & Basah	Nasi Berwarna Kuning	Bau Tidak Sedap	Layak Dikonsumsi
2 jam	Ya	Tidak	Tidak	Tidak	Ya

Waktu Pengujian	Kondisi Nasi				
	Kering	Lembek & Basah	Nasi Berwarna Kuning	Bau Tidak Sedap	Layak Dikonsumsi
4 jam	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya
8 jam	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak

5 . Kesimpulan dan Saran

5.1 KESIMPULAN

Dari proyek akhir ini, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu :

1. Arduino nano dapat digunakan sebagai perangkat untuk menjalankan program PID yang nantinya berfungsi sebagai pengendali arus listrik pada *rice cooker*.
2. Metode *zero crossing* dapat di implementasikan untuk deteksi pengontrol suhu pada *rice cooker*.
3. Suhu yang digunakan untuk memasak nasi pada alat ini sebesar 135°C. Hasil dari memasak menggunakan *rice cooker* ini yaitu nasi matang secara sempurna dan merata.
4. Suhu yang digunakan untuk menghangatkan makanan pada alat ini sebesar 75°C.
5. Alat ini bisa memasak makanan dengan suhu yang mencapai 150°C.

5.2 SARAN

Berikut ini adalah saran untuk pengembangan dan penyempurnaan implementasi ini:

1. Dapat melakukan implementasi dengan menggunakan metode lain, seperti metode *fuzzy logic*, dll.
2. Dapat mengimplementasikan sebuah *icon / button* guna memudahkan *user* untuk memasak berbagai macam makanan.
3. Dapat menggunakan pengukuran dengan *thermometer* yang lebih bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dewi, K., Pangerang, F., Teknik, J., Politeknik, E., Ujung, N., & Android, S. (2017). IMPLEMENTASI ZERO CROSSING PADA SISTEM KENDALI PERANGKAT RUMAH, 2017, 33–38.
- [2] Dimas, A., Sadewo, B., Widasari, E. R., Muttaqin, A., Informatika, P. S., Komputer, F. I., & Brawijaya, U. (2017). Perancangan Pengendali Rumah menggunakan Smartphone Android dengan Konektivitas Bluetooth. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(5), 415–425.
- [3] Ekayana, A. G., & Ratna Rakasiwi, A. A. (2018). Rancang Bangun Pengaman Power Supply Berbasis Zero Crossing Detector Pada Laboratorium Komputer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(1), 10–19. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i1.12668>
- [4] F.D. Rumagit, J.O. Wuwung, S.R.U.A. Sompie, B. S. N. (2015). Perancangan Sistem Switching 16 Lampu Secara Nirkabel Menggunakan Remote Control. *Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT*, V(5), 1–5..
- [5] Gugus, D. I., Magek, K., & Agam, K. (2017). VOL . 10 NO . 3 Oktober 2017 VOL . 10 NO . 3 Oktober 2017, 10(3), 101–106..
- [6] Hidayati, N., Aisuwarya, R., & Putri, R. E. (2017). Sistem Kontrol Kestabilan Suhu Penghangat Nasi Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Umj*, (November), 1–2. Retrieved from jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek
- [7] Nasution, R. D. (2015). Aplikasi Liquid Crystal Display (LCD) 16x2 Sebagai Tampilan Pada Coconut Milik Auto Machine, 3(2), 54–67.
- [8] Pandiangan, Johannes, (2007), "Perancangan Dan Penggunaan Photodiode Sebagai Sensor Penghindar Dinding Pada Robot Forklift", Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- [9] Priyanto, A. A., & Palupi, N. W. (2013). EVALUASI MUTU NASI HASIL PEMASAKAN BERAS VARIETAS CIHERANG DAN IR-66 Quality Evaluation Results of Rice Cooking Varieties Ciherang and IR-66 with Different Rice and Water Ratio. *Berkala Ilmiah Pertanian*, x(x).
- [10] Samadikun, S, (1988), "Sistem Instrumentasi Elektronika", Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [11] Thiang, TDS, Y., & Mulya, A. (2004). Pengaturan Level Ketinggian Air Menggunakan Kontrol PID. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 79–84. <https://doi.org/10.9744/jte.4.2>.
- [12] Zhanggischan. Zuhail, (2004), "Prinsip Dasar Elektronika", PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta