



Implementasi Internet of Things Pada Sistem Kendali Suhu Oven Listrik

Dimas Syahril Maulana^{1*}, Ahmad Aminudin¹, Hera Novia¹

¹Departemen Pendidikan Fisika, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 40154,
Jawa Barat, Indonesia

*dimassyahril@upi.edu

Abstrak

Teknologi IoT (*Internet of Things*) merupakan konsep teknologi digitalisasi yang terus berkembang dan telah diaplikasikan pada berbagai bidang kehidupan, termasuk pada peralatan rumah tangga untuk mewujudkan *smarthome*. Tujuan penelitian ini untuk mengimplementasikan *Internet of Things* pada sistem kendali oven listrik berbasis *Internet of things* dan menganalisis karakteristik respon sistem kendalinya. Pada sistem ini, mikrokontroler NodeMCU ESP32 digunakan sebagai komponen utama dengan kode program yang tertulis pada Arduino IDE dan Termokopel tipe K sebagai sensor suhu. Perangkat *mobile* android dikembangkan menggunakan *Platform* MIT App Inventor sehingga memungkinkan pengguna dapat memonitor dan mengendalikan melalui koneksi internet. Dengan menggunakan metode eksperimen dan perancangan alat dilakukan pengujian sistem perangkat keras dan sistem perangkat lunak *mobile* android yang telah terintegrasi. Pengujian sistem perangkat lunak terintegrasi dilakukan dengan kontrol input *setpoint* suhu 100°C, 120°C dan 150 °C, sedangkan pengujian perangkat keras dengan cara digunakan langsung untuk memanggang ubi cilembu.

Kata kunci: *mobile android*, oven listrik, *setpoint*, teknologi IoT

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi yang semakin maju ditambah dengan berbagai material dan proses kreatif inovatif yang terus dikembangkan di bidang teknik, menghadirkan banyak peluang untuk membuat dan mengembangkan berbagai perangkat fungsional. Saat ini, cara manusia berinteraksi dengan peralatan berubah karena adanya digitalisasi teknologi. Digitalisasi dan konektivitas komunikasi berbasis internet antar perangkat, warga, dan pemerintah yang terus meningkat bisa mengubah banyak aspek masyarakat dan ekonomi (Willianto dan Kurniawan, 2018).

Selain itu, digitalisasi teknologi memfasilitasi pengembangan aplikasi pintar, seperti pemantauan dan pengendalian peralatan rumah tangga seperti oven listrik. Oven merupakan salahsatu alat memasak yang berupa ruang panas yang terisolasi dari lingkungannya dan digunakan untuk memanggang, memanaskan, mengeringkan makanan atau sterilisasi benda. Oven dapat menampung panas secara konstan sehingga dapat menghasilkan pemanasan yang sempurna (Murdiansyah, 2013). Proses pengeringan oven menggunakan material yang menyesuaikan dengan suhu pemanasan yang konstan untuk pembakaran yang sempurna. Desain dan fungsi oven telah mengalami banyak perubahan, dari oven tangkring yang digunakan diatas kompor api hingga oven listrik yang mempunyai pengaturan waktu dan suhu yang telah terintegrasi dalam sistemnya berupa tombol digital atau analog. Namun oven listrik tersebut tidak mempunyai

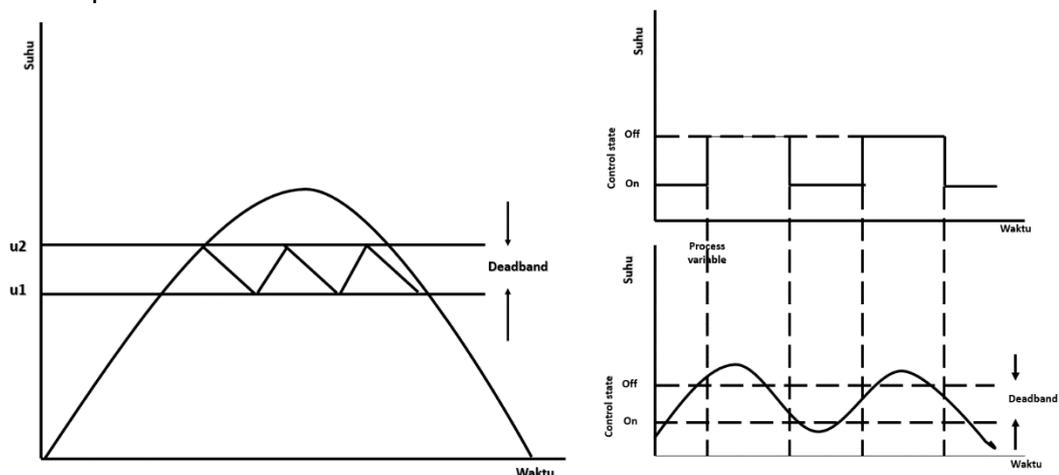


sistem alert, tidak dapat dilakukan pemantauan dan pengendalian *on-off* dari jarak jauh sehingga diperlukan adanya inovasi teknologi yang diterapkan pada perangkat ini untuk mewujudkan *smarthome*.

IoT merupakan konsep pengembangan komunikasi jaringan dari alat maupun objek yang saling terkoneksi dan mampu bertukar data melalui komunikasi internet, yang kemudian diubah menjadi informasi yang dipahami manusia (Artono dan Putra, 2018). Pada penelitian ini, konsep IoT (*Internet of things*) akan diterapkan untuk mengembangkan *smartoven* yang mampu dikendalikan dan dimonitor dengan *mobile* android tanpa batas jarak. Pada sistem ini, mikrokontroler NodeMCU ESP32 digunakan sebagai komponen utama dengan kode program yang tertulis pada Arduino IDE dan Termokopel tipe K sebagai sensor suhu. Perangkat *mobile* android dikembangkan menggunakan Platform MIT Inventor sehingga memungkinkan pengguna dapat memonitor dan mengendalikan melalui aplikasi *mobile android* dengan koneksi internet.

Untuk mewujudkan hal tersebut, diperlukan adanya sistem kendali. Sistem kendali atau *control system* merupakan penghubungan berbagai komponen fisika sedemikian rupa sehingga menjadi suatu sistem utuh yang berfungsi untuk mengatur, mengatur, memerintah sistem itu sendiri atau sistem lainnya (Imam, 1995). Metode kendali suhu yang diterapkan pada sistem ini yaitu Kendali *On-off* dengan relay sebagai *driver heater*. Pada sistem kendali ini, relay berfungsi sebagai saklar otomatis yang dapat diaktifkan oleh input dari mikrokontroler sehingga menghasilkan aksi diskrit berupa sinyal *step*. Oleh karena itu, nilai yang dihasilkan dari kendali *on-off* akan beresilasi di sekitar nilai *setpoint* yang telah ditetapkan (Pranowo dkk, 2015). Dalam kendali *heater*, relay akan aktif apabila suhu *realtime* lebih kecil dari suhu *setpoint* dan akan non aktif ketika suhu *realtime* lebih besar dari suhu *setpoint*.

Sistem kendali *on-off* mempunyai dua kondisi yaitu on dan off sehingga menyebabkan *process variable* suhu akan bergelombang (Muchlas dkk, 2005) seperti yang pada gambar 1a dan 1b. Ketika *control state on* maka suhu akan naik dan *control state off* ketika suhu telah mencapai *setpoint*. Namun *heater* masih menyimpan energi panas sehingga suhu tetap naik walaupun tidak diberi aliran listrik.



Gambar 1a dan 1b. Grafik suhu terhadap Waktu pada sistem kendali *on-off*

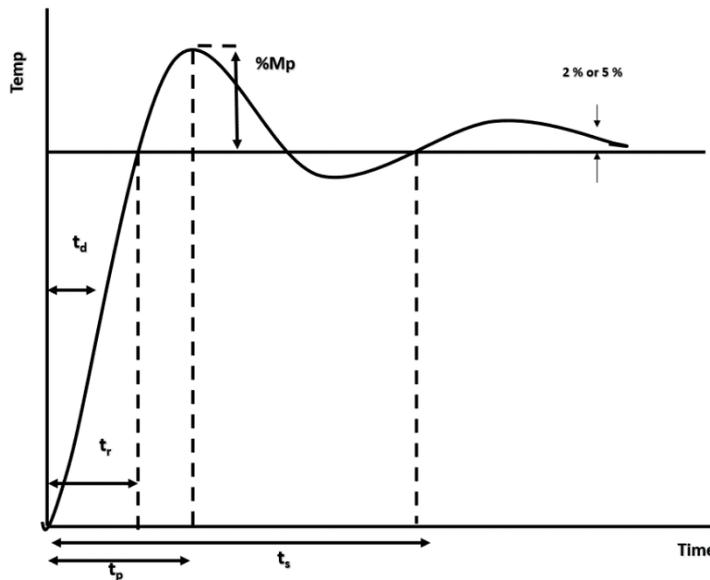


$U(t)$ didefinisikan sebagai sinyal keluaran pengendali dan $e(t)$ didefinisikan sebagai sinyal pembangkit kesalahan *dead band*. Pada sistem kendali ini, sinyal $u(t)$ akan berosilasi pada nilai minimum $u(1)$ dan nilai maksimum $u(2)$ bergantung dari nilai sinyal kesalahan *dead band* $e(t)$ sehingga :

$$U(t) = u_1 \text{ untuk } e(t) > 0 \quad (1)$$

$$U(t) = u_2 \text{ untuk } e(t) < 0 \quad (2)$$

U_1 dan u_2 merupakan nilai konstan. Nilai minimum u_2 sama dengan 0 atau $-u_1$ (Tarigan, 2009).



Gambar 2. Grafik respon sistem kendali suhu

Model pendekatan *plant* order dua dinyatakan dengan fungsi transfer berikut :

$$\frac{Y_s}{X_s} = \frac{K}{\omega_n^2 s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1} \quad (3)$$

K = Gain overall

ξ = Rasio redaman

ω_n = Frekuensi alami

Nilai ξ dan ω_n bisa didapatkan dari grafik dengan persamaan 4 dan 6 berikut :

$$\xi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left\{ \frac{\pi}{\ln\left(\frac{Y_p - Y_{SS}}{Y_{SS}}\right)} \right\}^2}} \quad (4)$$

$$\omega_n = \frac{\pi}{t_p \sqrt{1 - \xi^2}} \quad (5)$$

Dalam menentukan kualitas respon transient, digunakan faktor-faktor karakteristik respon berikut :

1. *Delay time* (t_d) merupakan besaran yang menyatakan faktor keterlambatan respon yang diukur dari 0 detik hingga waktu ketika



mencapai 50% dari *setpoint*, delay time dinyatakan dengan persamaan 6 berikut:

$$T_d = \frac{0,742}{\xi \omega_n} \tag{6}$$

2. *Rise time* (t_r) merupakan waktu yang diukur dari 0 detik hingga *setpoint* yang dinyatakan dengan persamaan 7 berikut:

$$t_r = \frac{1}{\omega_n \sqrt{1-\xi^2}} \left(\pi - \tan^{-1} \frac{\sqrt{1-\xi^2}}{\xi} \right) \tag{7}$$

3. *Settling time* (t_s) merupakan ukuran waktu yang menyatakan simpangan *setpoint* sebesar $\pm 5\%$, $\pm 2\%$ atau $\pm 0,05\%$. t_s dinyatakan dengan persamaan 8 berikut:

$$T_s (\pm 5\%) = \frac{3}{\xi \omega_n}, \quad T_s (\pm 2\%) = \frac{4}{\xi \omega_n}, \quad T_s (\pm 0,5\%) = \frac{3}{\xi \omega_n} \tag{8}$$

4. *Peak time* (t_p) merupakan ukuran waktu yang menyatakan puncak maksimum, dinyatakan dengan persamaan 9 berikut :

$$T_p = \frac{1}{\omega_n \sqrt{1-\xi^2}} \tag{9}$$

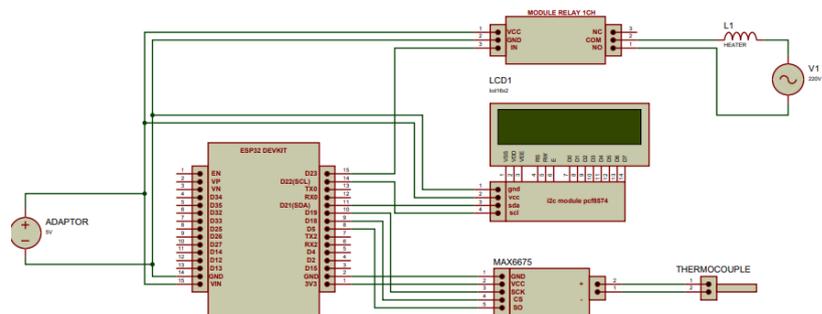
5. *Maximum peak* (M_p) merupakan persentase antara nilai *setpoint* dengan nilai maksimum simpangan dari *setpoint*, dinyatakan dengan persamaan 10 berikut :

$$M_p = \frac{C(t_p) - C(sp)}{C(sp)} \times 100\% \tag{10}$$

6. *Steady state error* merupakan nilai selisih keluaran ketika stabil dengan nilai *setpoint*

2. Metode

Metode penelitian meliputi diagram blok sistem kendali, perancangan perangkat lunak, perancangan perangkat keras serta integrasi sistem secara keseluruhan. Perancangan perangkat lunak dimulai dengan menggambar rangkaian, kemudian menuliskan program mikrokontroler pada arduino IDE dengan bahasa C++, mengintegrasikan program dengan *realtime database* Firebase dan aplikasi *mobile* android yang dibuat dengan *platform MIT App Inventor*.

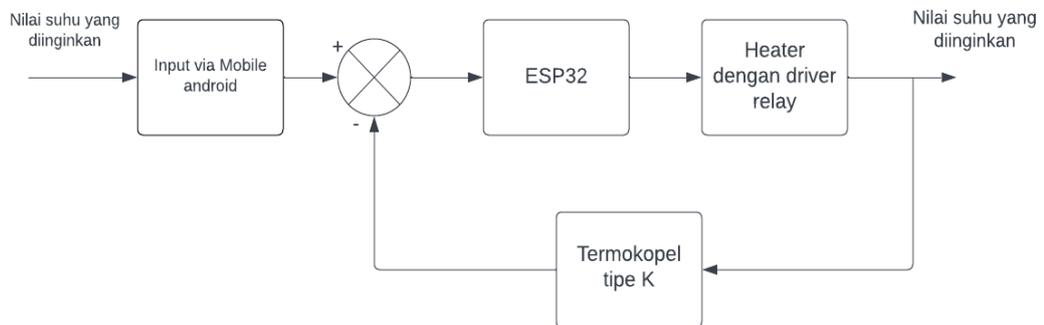


Gambar 3. Rangkaian sistem

Perangkat lunak bekerja untuk berinteraksi antara *user* dengan alat. Sedangkan perangkat keras bekerja untuk berinteraksi antara alat dengan lingkungan atau objek. Perangkat keras disambungkan sesuai dengan wiring gambar 3. ESP32 sebagai komponen utama sistem ini yang berfungsi sebagai pengendali aktuatur dan sensor, termokopel tipe K sebagai sensor suhu dengan MAX6675 sebagai modulnya, *Heater* sebagai pemanas dengan relay sebagai *drivemya* dan LCD dengan modul I2C berfungsi

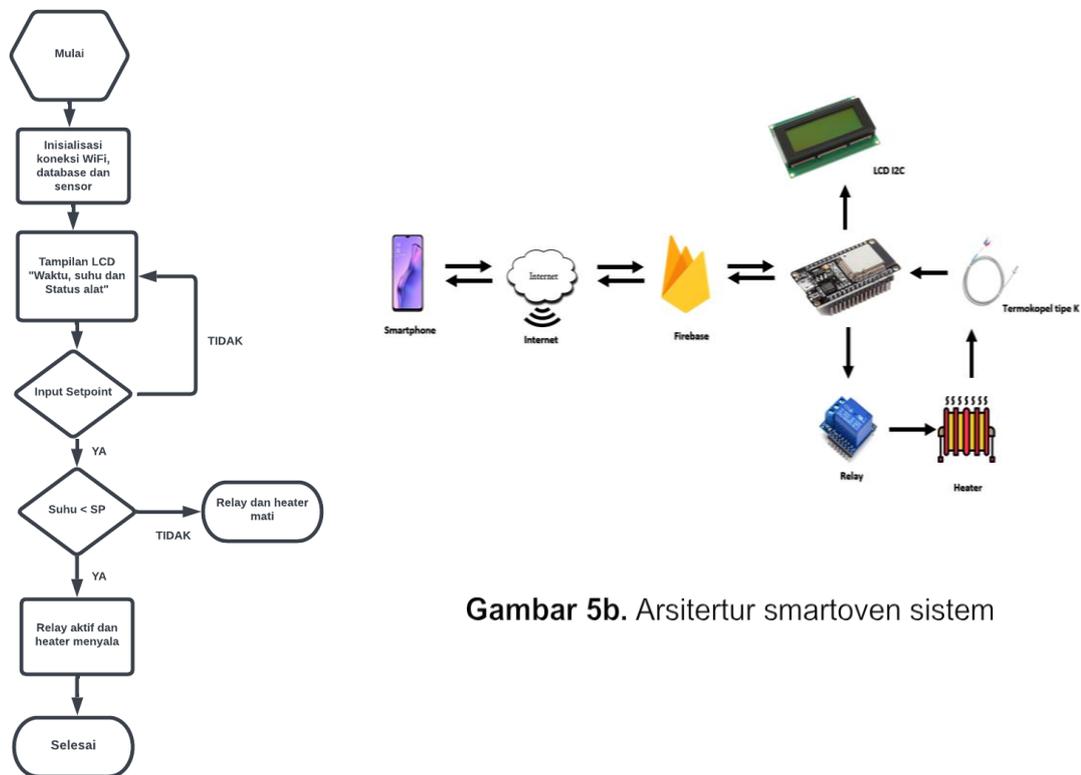


menampilkan informasi besaran waktu, suhu dan status oven. Semua perangkat memerlukan catu daya DC 5 Volt kecuali *heater* memerlukan catu daya AC 220 volt.



Gambar 4. Diagram blok sistem kendali suhu

Gambar 4 menunjukkan sistem kendali yang dimulai dari input nilai suhu yang diinginkan melalui *mobile android*, *user* dapat mengendalikan nilai suhu hingga 250°C. Input tersebut kemudian diproses dengan mikrokontroler ESP32 kemudian akan memerintah *heater* untuk aktif atau nonaktif melalui *driver relay* sebagai saklar otomatis. Suhu akan diindera oleh termokopel tipe K, apabila pembacaan suhunya lebih kecil dari nilai suhu yang diinginkan maka *heater* akan aktif dan nonaktif apabila pembacaan suhunya sudah mencapai nilai yang diinginkan.



Gambar 5b. Arsitektur smartoven sistem

Gambar 5a. Diagram alur sistem perangkat lunak pada mikrokontroler ESP32



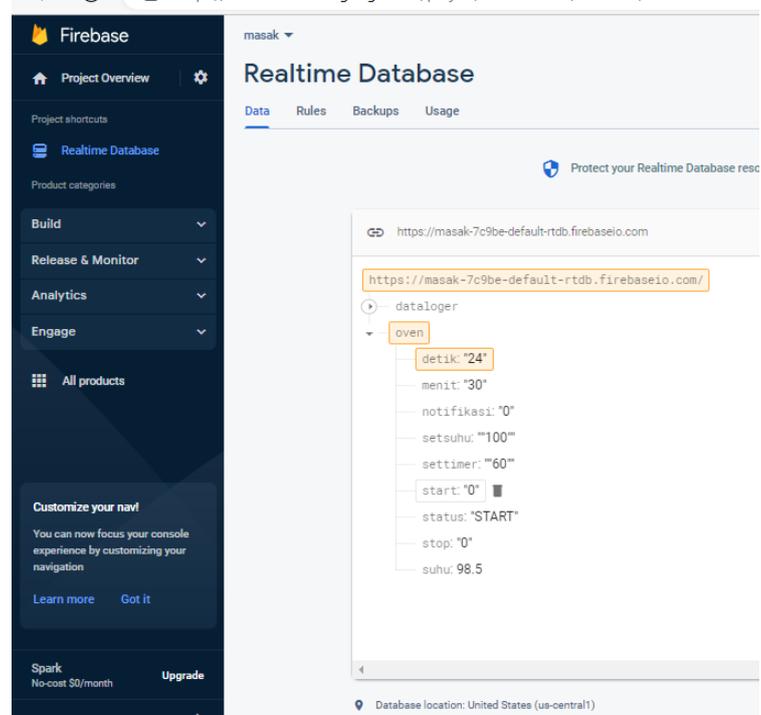
Alur pemrograman mikrokontroler ESP32 dideskripsikan oleh gambar 5b. Program ESP32 ditulis menggunakan software Arduino IDE yang dimulai dengan pendefinisian *library* komponen dan integrasi *database* Firebase Google, yang digunakan untuk pembacaan suhu menggunakan sensor termokopel tipe K serta pengiriman data berupa File JSON (*JavaScript Object Notation*) menggunakan WiFi. LCD menampilkan waktu, suhu dan status oven. ESP32 membaca voltase yang diterima dari sensor dengan bantuan *library* setelah dilakukan pengkonfigurasi. Kecepatan pembacaan data sensor dan aktuator diprogram 115200 bit/second karena mikrokontroler ESP32 membutuhkan kecepatan data serial 115200 bit/second. Hasil pembacaan input sensor termokopel tipe K akan di *database* ke Firebase Google dengan variabel yang sudah didefinisikan pada program sehingga mampu untuk berkomunikasi dua arah seperti pada gambar 5b. Apabila ada input dari *user* menggunakan *Mobile* android, maka mikrokontroler akan memproses dan mengirim sinyal ke *heater*. Apabila tidak ada maka *mobile* android akan menjadi menampilkan pembacaan nilai suhu dari sensor. Data yang didapatkan berupa *database* suhu *realtime* yang didapatkan dari bucket dataloger firebase dan dianalisis menggunakan persamaan 6 hingga 9.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pembangunan perangkat keras oven listrik dan pengembangan software aplikasi *mobile* android sebagai *controlling* dan *monitoring* dengan *third party database* Firebase Google.



Gambar 6. Tampilan aplikasi *mobile* android



Gambar 7. Tampilan *Database* Firebase yang telah diintegrasikan

Aplikasi *mobile* android yang dikembangkan memiliki tampilan seperti gambar 6 yang memiliki fungsi *monitoring* dan *controlling*. Fitur-fitur *Controlling* yang ditambahkan pada *mobile* android yaitu *Start*, *Stop*, *Refresh*, *set Timer*, *set Temperature* dan *Update*. Sedangkan untuk *monitoring* terdapat timer secara *count down* dan pembacaan suhu per detik. *Mobile* android tidak berkomunikasi secara langsung ke mikrokontroler ESP32, namun data dikirimkan melalui Firebase secara *realtime* seperti pada gambar 7. Semua data akan tersimpan di *bucket* "Dataloger" berupa tanggal, jam, menit dan detik serta suhu. Ketika makanan pada oven sudah matang, maka akan ada alert notifikasi pada aplikasi walaupun aplikasinya sudah ditutup atau sedang membuka aplikasi lain.



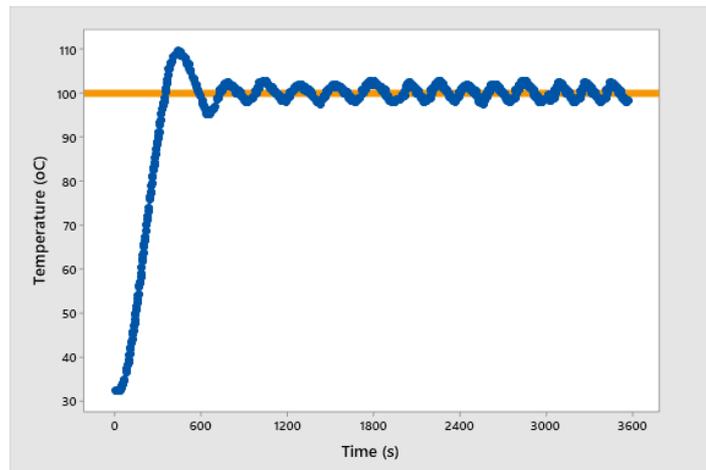
Gambar 8. Prototipe oven tampak depan



Gambar 9. Sistem kendali mikrokontroler pada oven

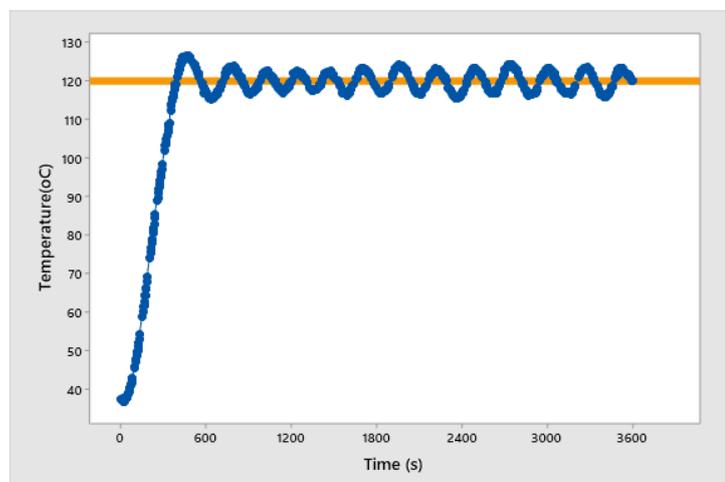
Gambar 8 dan 9 menunjukkan oven yang sudah dibangun dengan dilakukan penambahan sensor termokopel tipe K, Mikrokontroler ESP32, LCD I2C dan *driver* relay. Oven ini mempunyai kendali ganda, bisa dikendalikan melalui *smartphone* android maupun secara manual melalui tombol yang ada pada oven. Oven *prototipe* yang dibangun ini berkapasitas 12 Lliter, namun sistem kendali yang dibangun mampu diaplikasikan pada oven yang lebih besar.

Pengujian karakteristik sistem kendali suhu dilakukan dengan membandingkan *setpoint* terhadap *control state on-off* dengan *set point* 100, 120 dan 150 selama 3600 detik yang diinput dari *mobile* android dan pembacaan suhu dari Firebase secara *realtime*.



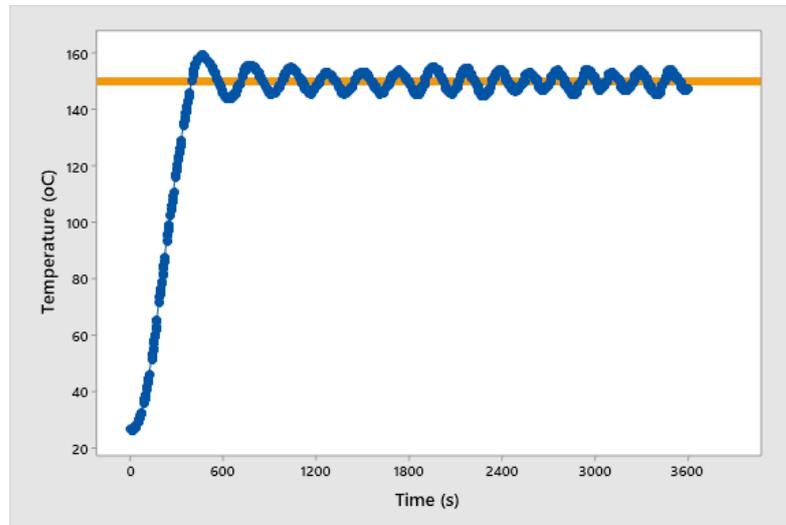
Gambar 10. Hasil pengujian sistem kendali dengan *control state* on-off pada *setpoint* 100°C

Gambar 10 menunjukkan hasil pengujian sistem kendali pada *setpoint* suhu 100°C yang diinput dari *mobile* android. Metode sistem kendali dengan *control state* on off mampu menjaga suhu di sekitar 100°C dengan *Delay time* (t_d) sebesar 144 detik, *Rise time* (t_r) sebesar 348 detik, *Peak time* (t_p) sebesar 419 detik, *settling time* (t_s) sebesar 534(5%) detik, 706(2%) detik, 725(0,5%), *maximum peak* (M_p) sebesar 9,5 % (9,5°C) dan *Steady state error* 2,75% (2,75°C)



Gambar 11. Hasil pengujian sistem kendali dengan *control state* on-off pada setpoin 120°C

Gambar 11 menunjukkan hasil pengujian sistem kendali pada *setpoint* suhu 120°C yang diinput dari *mobile* android. Metode sistem kendali dengan *control state* on off mampu menjaga suhu di sekitar 120°C dengan *Delay time* (t_d) sebesar 155 detik, *Rise time* (t_r) sebesar 399 detik, *Peak time* (t_p) sebesar 434 detik, *settling time* (t_s) sebesar 619 (5%) detik, 693(2%) detik, 707(0,5%), *maximum peak* (M_p) sebesar 5,6 % (6,75°C) dan *Steady state error* 3,75% (4,5°C)



Gambar 12. Hasil pengujian sistem kendali dengan *control state on-off* pada setpoint 150°C

Gambar 12 menunjukkan hasil pengujian sistem kendali pada *setpoint* suhu 150°C yang diinput dari *mobile android*. Metode sistem kendali dengan *control state on off* mampu menjaga suhu di sekitar 150°C dengan *Delay time* (t_d) sebesar 192 detik, *Rise time* (t_r) sebesar 396 detik, *Peak time* (t_p) sebesar 466 detik, *settling time* (t_s) sebesar 627(5%) detik, 684(2%) detik, 702(0,5%), detik, *maximum peak* (M_p) sebesar 6,5 % (9,75°C) dan *Steady state error* 3,5% (5,25°C).



Gambar 13. Ubi Cilembu mentah 701 gram yang akan dipanggang sebagai objek ujicoba



Gambar 14. Hasil pengujian Ubi Cilembu matang 701 gram selama 45 menit

Selain dilakukan pengukuran dan pengujian sistem kendali, oven ini diuji cobakan dengan memanggang ubi cilembu 701 gram dengan *setpoint* suhu 160°C dan durasi waktu 45 menit. Hasil pengujian kematangan ubi cilembu ditampilkan oleh tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Tingkat kematang ubi cilembu 701 gram

No	Waktu (Menit)	Tingkat kematangan
1	15	Tidak matang
2	30	Setengah matang



3	45	Matang
---	----	--------

Setelah dilakukan pemanggangan selama 45 menit dengan *setpoint* suhu 160°C, ubi cilembu matang dengan tekstur lembut dan perubahan warna menjadi kuning kecoklatan seperti yang ditampilkan oleh gambar 14.

4. Simpulan

Internet of Things dapat terimplementasi pada Sistem kendali smartoven listrik sesuai dengan rancangan dengan input dari aplikasi *mobile* android untuk mengendalikan kestabilan suhu dan didapatkan error *Maximum peak* (M_p) lebih kecil dari 10% dan *Steady State Error* lebih kecil dari 3,75%. Pengujian ubi cilembu juga memiliki tingkat kematangan yang rata sehingga yang menunjukkan bahwa oven ini bisa digunakan untuk memanggang makanan.

Daftar Pustaka

- Artono, B., & Putra, R. G. (2018). Penerapan *internet of things* (IoT) untuk kontrol lampu menggunakan arduino berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan*, 5(1), 9-16.
- Imam, M. (1995). *Pengantar Sistem Kendali Otomatis*. Depdikbud, Jakarta.
- Muchlas, M., Widodo, N. S., & Wulur, W. (2005). Karakteristik Sistem Kendali on-Off Suhu Cairan Berbasis Mikrokontroler At90S8535. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 3(2), 123-133.
- Murdiansyah, M. (2013). *Rancang Bangun Prototype Sistem Pemanggang Kue (Oven) Otomatis Dengan Menggunakan Mikrokontroler Avr Atmega 8535* (Doctoral dissertation, Universitas Mataram).
- Pranowo, A., Hendrajit, W., & Hadisupadmo, S. (2015). Perancangan Sistem Kontrol Unit Water Chiller Laboratorium Teknik Kondisi Lingkungan. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 7(1), 485774.
- Tarigan, K. (2009). Sistem Kontrol "Teori, contoh dan Analisis". *Universitas Sumatera Utara, Medan*.
- Wilianto, W., & Kurniawan, A. (2018). Sejarah, cara kerja dan manfaat *internet of things*. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 8(2), 36-41.