

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN
KONTROL SUHU PADA ALAT PIROLISIS
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh :

Kadek Arya Pradipta

NIM. 1915344023

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK OTOMASI
JURUSAN TEKNIK OTOMASI
POLITEKNIK NEGERI BALI
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL SUHU PADA ALAT PIROLISIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Oleh :

Kadek Arya Pradipta

NIM. 1915344023

Skripsi ini telah melalui Bimbingan dan Pengujian Hasil, disetujui untuk
diujikan pada Ujian Skripsi
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 14 Agustus 2023

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing 1:



Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., MT.
NIP. 197405172000122001

Dosen Pembimbing 2:



I Wayan Teresna, S.Si., M.For.
NIP. 196912311997031010

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL SUHU PADA ALAT PIROLISIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Oleh :

Kadek Arya Pradipta

NIM. 1915344023

Skripsi ini sudah melalui Ujian Skripsi pada tanggal 16 Agustus 2023,
dan sudah dilakukan Perbaikan untuk kemudian disahkan sebagai Skripsi
di

Program Studi D4 Teknik Otomasi
Jurusan Teknik Elektro - Politeknik Negeri Bali

Bukit Jimbaran, 23 Agustus 2023

Disetujui Oleh :

Tim Penguji :

1. Ir. Gde Ketut Sri Budarsa, M.Si
NIP. 196110201988031001

2. I Made Sumerta Yasa, ST, MT
NIP. 196112271988111001

Dosen Pembimbing :

1. Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., MT.
NIP. 197405172000122001

2. I Wayan Teresna, S.Si, M.For.
NIP. 196912311997031010

Diketahui Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. I Wayan Raka Ardana, MT.
NIP. 196705021993031005

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa Skripsi dengan judul:

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KONTROL SUHU PADA ALAT PIROLISIS BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

adalah asli hasil karya saya sendiri.

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah Skripsi ini tidak terdapat karya orang lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar di suatu perguruan tinggi, dan atau sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah Skripsi ini, dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila saya melakukan hal tersebut di atas, dengan ini saya menyatakan menarik Skripsi yang saya ajukan sebagai hasil karya saya.

Bukit Jimbaran, 23 Agustus 2023

Yang menyatakan



Kadek Arya Pradipta

NIM. 1915344023

ABSTRAK

Sampah plastik merupakan sampah yang sulit urai dan membutuhkan waktu lama untuk diurai alam secara alami. Seiring dengan perkembangan teknologi dalam mengolah sampah plastik, saat ini telah dikembangkan metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses penguraian atau degradasi limbah secara thermal atau melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan volatile matters pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Suhu harus stabil titik tertentu untuk mendapatkan hasil yang maksimal selama beberapa waktu. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis IoT. Bagian-bagian pirolisis antara lain: Reaktor sebagai penampung plastik, tempat TAR sebagai penampungan TAR, kondensor sebagai pendingin dari uap pirolisis dan bak air sebagai penampungan air kondensor. Dimana memonitoring dan mengontrol suhu pada 3 suhu target yaitu: 380°C, 400°C, dan 420°C supaya mendapatkan hasil yang maksimal pada suhu target. Plastik yang digunakan jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan massa 1 kg. Plastik dimasukkan pada reaktor sebagai tempat penampungan dan dipanaskan menggunakan *heater*. Pada layar LCD akan terdapat menu suhu dan seting pompa. Pertama akan menghidupkan pompa terlebih dahulu supaya kondensor terisi air, dilanjutkan dengan memilih suhu target pada LCD. Saat proses pemanasan, pada LCD akan menampilkan nilai suhu pada reaktor pemanas serta pada aplikasi *smartphone* menampilkan data suhu yang dikirimkan data suhu oleh mikrokontroler melalui *firebase* sehingga terbaca secara *real-time*. Selain itu mikrokontroler mengirim data ke *database spread sheet* sebagai penyimpanan data suhu yang berjalan saat proses pirolisis berlangsung. Pada suhu 380°C diperoleh waktu rata-rata 53,6 menit, pada suhu 400°C diperoleh waktu rata-rata 71 menit, dan 420°C diperoleh waktu rata-rata 91 menit dalam mencapai suhu target. Hasil yang didapatkan dengan suhu 420°C menggunakan plastik massa 1kg, menghasilkan bahan bakar dengan massa 4 gram dan volume 3,8 ml, dengan massa jenis 1,052 g/ml. Terdapat juga karbon padat berupa TAR pada proses pirolisis serta gas keluar pada proses pirolisis yang mudah terbakar.

Kata kunci: Mikrokontroler, IoT, Pirolisis, *Heater*, *Polyethylene Terephthalate* (PET)

ABSTRACT

Plastic waste is waste that is difficult to decompose and takes a long time to naturally break down. With the advancement of technology in plastic waste processing, a pyrolysis method has been developed. Pyrolysis is a process of decomposition or degradation of waste through thermal treatment or heating, with little or no oxygen. The pyrolysis process begins at temperatures around 230°C, where thermally unstable components and volatile matters in the waste break down and evaporate along with other components. A specific stable temperature must be maintained for optimal results over a certain period of time. This research aims to create a monitoring and temperature control system for a pyrolysis device based on IoT. The components of the pyrolysis setup include: a reactor to hold the plastic, a TAR (Tubular Air Radiator) for storing TAR, a condenser for cooling pyrolysis vapors, and a water tank for condenser water. The goal is to monitor and control the temperature at three target temperatures: 380°C, 400°C, and 420°C, to achieve optimal results at the target temperatures. The plastic used is Polyethylene Terephthalate (PET) with a mass of 1 kg. The plastic is placed in the reactor as a holding area and heated using a heater. The LCD screen displays a temperature menu and pump settings. The process begins by starting the pump to fill the condenser with water, followed by selecting the target temperature on the LCD. During the heating process, the LCD displays the temperature value in the heating reactor, and the smartphone application shows real-time temperature data sent by the microcontroller through Firebase. Additionally, the microcontroller sends data to a spreadsheet database for storing temperature data during the pyrolysis process. At a temperature of 380°C, an average time of 53.6 minutes is obtained; at 400°C, an average time of 71 minutes; and at 420°C, an average time of 91 minutes is obtained to reach the target temperature. The results obtained at a temperature of 420°C using 1 kg of plastic yield 4 grams of fuel and a volume of 3.8 ml, with a density of 1.052 g/ml. Solid carbon in the form of TAR is also produced during the pyrolysis process, along with flammable gases.

Keywords: *Microcontroller, IoT, Pyrolysis, Heater, Polyethylene Terephthalate (PET)*

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur penulis panjatkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa atau Tuhan Yang Maha Esa karena berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu pada Alat Pirolisis *Berbasis Internet of Things*”. Skripsi ini disusun guna memenuhi syarat untuk menyelesaikan studi akhir Program Pendidikan Diploma IV Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bali. Dalam penulisan Skripsi ini, penulis berterimakasih atas bantuan dan bimbingannya baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE., M.eCom. selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, MT. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak Ida Bagus Irawan Purnama, ST, M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Otomasi Politeknik Negeri Bali.
4. Ibu Putri Alit Widyastuti Santiary, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat luar biasa dalam penyusunan Skripsi.
5. Bapak I Wayan Teresna, S.Si., M.For. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Skripsi
6. Seluruh jajaran Dosen Program Studi Teknik Otomasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali yang telah mendidik dan membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama mengikuti kegiatan perkuliahan.
7. Keluarga, rekan-rekan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro 2021/2022, teman-teman kelas VIII A Teknik Otomasi dan seluruh pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung.
8. Lagu-lagu Avenged Sevenfold dan JKT48 yang selalu menemani dan menyemangati penulis dalam membuat skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bukit Jimbaran, 14 Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Penelitian Sebelumnya	6
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Mikrokontoller.....	8
2.2.2. ESP32 Devkit V1	8
2.2.3. Termokopel tipe K.....	9
2.2.4. Module MAX6675	10
2.2.5. <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	10
2.2.6. <i>Band Heater</i>	11
2.2.7. <i>Module Relay</i>	12
2.2.8. <i>Database</i>	12
2.2.9. Kodular	13
2.2.10. <i>Internet of Things</i>	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1. Rancangan Sistem	16

3.1.1. Rancangan <i>Hardware</i>	16
3.1.2. Rancangan <i>Software</i>	21
3.1.3. Aliran Data Sistem	24
3.2. Pembuatan Alat	24
3.2.1. Langkah Pembuatan Alat	24
3.2.2. Alat dan Bahan	27
3.3. Pengujian/Analisa Hasil Penelitian	28
3.3.1. Pengujian Waktu Pemanasan Maksimal	28
3.3.2. Pengujian Massa Jenis Hasil Pirolisis	29
3.4. Hasil yang diharapkan.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1. Hasil Implementasi Sistem.....	31
4.1.1. Implementasi <i>Hardware</i>	32
4.1.2. Implementasi <i>Software</i>	35
4.2. Hasil Pengujian	43
4.2.1. Pengujian Perangkat Master Sistem dan Aplikasi Android	43
4.2.2. Pengujian Parameter-parameter yang diamati.....	51
4.3. Hasil Analisa	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32 DEVKIT V1	9
Gambar 2.2 Termokopel tipe K.....	10
Gambar 2.3 Modul Max6675	10
Gambar 2.4 Liquid Crystal Display (LCD) 20x4 dengan I2C	11
Gambar 2.5 Band Heater	11
Gambar 2.6 Module Relay	12
Gambar 2.7 <i>Spread sheets</i>	13
Gambar 2.8 <i>Firestore</i>	13
Gambar 2.9 Kodular.....	14
Gambar 2.10 <i>Internet of Things</i>	15
Gambar 3.1 Blok diagram perancangan perangkat master sistem	17
Gambar 3.2 Wiring diagram perancangan perangkat master sistem.....	17
Gambar 3.3 Flowchart sistem.....	19
Gambar 3.4 Rancangan kotak perangkat master	20
Gambar 3.5 Diagram blok rancangan alat pirolisis.....	21
Gambar 3.6 Rancangan alat pirolisis.....	21
Gambar 3.7 Rancangan <i>database</i> pada <i>Firestore</i>	22
Gambar 3.8 <i>Database</i> pada <i>Spread sheet</i>	22
Gambar 3.9 Rancangan tampilan <i>screen 1</i> pada smartphone.....	23
Gambar 3.10 Rancangan tampilan <i>screen 2</i> pada smartphone.....	23
Gambar 3.11 Rancangan tampilan <i>screen 3</i> pada smartphone.....	24
Gambar 3.12 Aliran data sistem	24
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> pembuatan alat	26
Gambar 4.1 Hasil fisik tampak depan perangkat master sistem.	33
Gambar 4.2 Bagian fisik dalam perangkat master sistem.	33
Gambar 4.3 Bagian fisik alat pirolisis	35
Gambar 4.4 Program Mikrokontroler pada Perangkat Master.....	36
Gambar 4.5 Program void setup pada Perangkat Master	37
Gambar 4.6 Program void loop pada Perangkat Master	37
Gambar 4.7 Program void loop menu pada Perangkat Master	38
Gambar 4.8 Program void loop batas ambang atas target suhu.	38
Gambar 4.9 Program void loop batas ambang bawah suhu target.	39

Gambar 4.10 Program void loop seting pompa.....	39
Gambar 4.11 Program void loop relay pompa dan heater mati.	40
Gambar 4.12 Database pada Spread sheet.	41
Gambar 4.13 Tampilan blok diagram pada screen 1 kodular.	42
Gambar 4.14 Tampilan diagram blok pada screen 2 kodular.	43
Gambar 4.15 Tampilan diagram blok pada screen 3 kodular.	43
Gambar 4.16 Pengujian mikrokontroller ESP32 DevKit V1	44
Gambar 4.17 Program pengujian mikrokontroller	44
Gambar 4.18 Tampilan LED pada mikrokontroller menyala	45
Gambar 4.19 Pengujian LCD 20x4 I2C	45
Gambar 4.20 Pengujian relay dan kontaktor	46
Gambar 4.21 Pengujian sensor suhu yang tampil pada LCD.....	46
Gambar 4.22 Tombol kanan sebagai tombol bawah	47
Gambar 4.23 Tombol kiri sebagai tombol atas	47
Gambar 4.24 Tombol tengah sebagai tombol OK.....	48
Gambar 4.25 Tampilan jika memilih setting pompa akan ada pilihan ON, BACK dan OFF pompa	48
Gambar 4.26 Tampilan screen 1 pada aplikasi android	49
Gambar 4.27 Tampilan screen ke 2 monitoring real-time suhu pada proses pirolisis ..	50
Gambar 4.28 Tampilan screen ke 3 data histori suhu proses pirolisis	51
Gambar 4.29 Hasil dari proses pirolisis berupa (a) minyak, (b) karbon padat/TAR, dan (c) gas.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Penjelasan Pin Komponen ke Pin ESP32 DEVKIT V1	18
Tabel 3.2 Alat-alat keperluan	27
Tabel 3.3 Bahan komponen mikrokontroller	27
Tabel 3.4 Bahan Kotak perangkat master	27
Tabel 3.5 Bahan alat pirolisis	28
Tabel 3.6 Perangkat Lunak yang digunakan	28
Tabel 3.7 Hasil Pengujian Waktu Pemanasan Maksimal pada Suhu Target 380°C	28
Tabel 3.8 Contoh Hasil Pengujian Waktu Pemanasan Maksimal pada Suhu Target 400°C	29
Tabel 3.9 Hasil Pengujian Waktu Pemanasan Maksimal pada Suhu Target 420°C	29
Tabel 3.10 Pengambilan data jenis massa pada hasil pirolisis	30
Tabel 4.1 Hasil pengujian waktu pemanasan maksimal pada suhu 380°C	52
Tabel 4.2 Hasil pengujian waktu pemanasan maksimal pada suhu 400°C	52
Tabel 4.3 Hasil pengujian waktu pemanasan maksimal pada suhu 420°C	52
Tabel 4.4 Hasil massa jenis dalam 1 kali proses pirolisis	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tampilan aplikasi android pada smartphone	59
Lampiran 2 Proses pemotongan sampah plastik menjadi kecil dan penimbangan massa plastik.....	60
Lampiran 3 Pengujian alat	61
Lampiran 4 Hasil dari proses pirolisis berupa minyak, karbon padat/TAR, dan gas ...	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Limbah adalah bahan atau substansi yang tidak lagi memiliki nilai atau manfaat bagi pemiliknya dan biasanya dibuang karena dianggap tidak berguna atau merugikan lingkungan. Limbah dapat menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan manusia dan lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Jenis-jenis limbah tergantung pada senyawa, wujud, dan sumbernya. Jenis limbah berdasarkan senyawanya seperti limbah organik, anorganik, dan limbah B3. Jenis limbah berdasarkan wujudnya seperti limbah padat, cair, dan gas sedangkan jenis limbah berdasarkan sumbernya seperti limbah rumah tangga, industri, pertanian, medis, pertambangan, dan pariwisata.

Plastik merupakan bahan yang sering dipakai di kalangan masyarakat baik dalam industri maupun rumah tangga. Bahan baku dari plastik biasanya adalah *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *Polyethylene Terephthalate* (PET). Jenis plastik *PET* biasanya ditemukan pada bahan baku botol air mineral satu kali pakai, jenis LDPE biasanya sebagai bahan baku tas atau kemasan (belanja, *laundry*, roti, makanan beku, koran, sampah), pembungkus plastik, pelapis karton susu serta gelas minuman; juga botol mustard yang bisa diremas, tempat penyimpanan makanan, dan tutup kemasan sedangkan PP ditemukan pada botol minuman atau kotak makanan yang berulang kali bisa dipakai[1]. Plastik polimer sintetik terbuat dari minyak bumi yang banyak beredar dipasaran. Plastik bukanlah jenis makromolekul, tetapi merupakan suatu produk atau bahan yang terbuat dari makromolekul. Makromolekul sendiri merupakan molekul-molekul besar yang terdiri dari ribuan atau bahkan jutaan unit-unit monomer yang terikat bersama. Plastik terbuat dari polimer, yaitu suatu jenis makromolekul yang terbentuk dari pengulangan monomer tertentu, seperti *polytene*, *polypropylene*, *PVC*, *polistirena*, dan sebagainya. Plastik banyak digunakan dalam berbagai industri karena sifatnya yang ringan, tahan lama, dan mudah dibentuk. Namun, penggunaan plastik yang berlebihan dan tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan masalah lingkungan yang serius. Penyusun utama plastik yang merupakan senyawa polimer adalah karbon dan hidrogen[2]. Sampah plastik merupakan sampah yang sulit urai dan membutuhkan waktu lama untuk diurai alam secara alami.

Seiring dengan perkembangan teknologi dalam mengolah sampah plastik, saat ini telah dikembangkan metode pirolisis. Pirolisis merupakan proses penguraian atau degradasi limbah secara thermal atau melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen[3], dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas bahan oleh temperatur. Pirolisis yang menghasilkan karbon disebut dengan karbonisasi[4]. Dalam proses penguraian atau dekomposisi pirolisis, ruang pirolisis dipanaskan sampai terjadi dekomposisi pada sampah plastik yang menyebabkan rantai panjang pada molekul plastik pecah sehingga saat pendinginan menjadi gas atau cairan[5]. Pirolisis atau devolatilisasi adalah proses fraksinasi material oleh suhu. Proses pirolisis dimulai pada temperatur sekitar 230°C, ketika komponen yang tidak stabil secara termal, dan volatile matters pada sampah akan pecah dan menguap bersamaan dengan komponen lainnya. Produk cair yang menguap mengandung tar dan polyaromatic hydrocarbon. Produk pirolisis umumnya terdiri dari tiga jenis, yaitu gas (H₂, CO, CO₂, H₂O, dan CH₄), tar (*pyrolytic oil*), dan arang. Parameter yang berpengaruh pada kecepatan reaksi pirolisis mempunyai hubungan yang sangat kompleks, sehingga model matematis persamaan kecepatan reaksi pirolisis yang diformulasikan oleh setiap peneliti selalu menunjukkan rumusan empiris yang berbeda[6]

Berdasarkan latar belakang di atas, pada penelitian ini akan dibuat **Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kontrol Suhu pada Alat Pirolisis berbasis *Internet of Things***. Proses pirolisis menghasilkan produk yang berbeda tergantung pada suhu yang digunakan. Oleh karena itu, penting untuk memonitoring dan mengontrol suhu dengan tepat untuk mencapai hasil yang diinginkan. Kontrol suhu yang baik memastikan bahwa suhu dalam reaktor pirolisis tetap stabil dan dalam jangkauan yang sesuai. Ini akan membantu menghindari fluktuasi suhu yang berlebihan yang dapat menyebabkan hasil yang buruk atau bahkan kerusakan pada alat pirolisis.

Pada penelitian ini digunakan bahan plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) pada proses dekomposisi pirolisis. Plastik PET memiliki titik leleh pada temperatur 250°C-260°C[7]. Proses dekomposisi terjadi pada reaktor dengan menggunakan *heater* sebagai pemanas. Pada proses dekomposisi suhu harus stabil pada *range* 380°C, 400°C dan 420°C. Suhu dikontrol oleh mikrokontroler dengan memanfaatkan *relay* untuk mengaktifkan atau mematikan sumber panas seperti *heater*. Pada LCD 20x4 ditampilkan 3 pilihan suhu, yaitu 380°C, 400°C dan 420°C. Suhu yang diinginkan dikontrol menggunakan *switch* pada kotak. Saat suhu sudah dipilih maka *relay* mengaktifkan *heater* sampai pada suhu yang sesuai dan menstabilkan suhu target. Kontroler suhu

menggunakan data dari termokopel tipe K dengan modul max6675. Hasil monitoring suhu ditampilkan pada *smartphone* menggunakan aplikasi kodular secara *real-time*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimanakah merancang sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis *internet of things*?
- b. Bagaimanakah cara kerja sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis *internet of things*?
- c. Berapakah waktu pemanasan maksimal yang diperlukan dalam 1 kali proses pirolisis untuk mencapai suhu target?
- d. Berapakah massa jenis yang dihasilkan pada 1 kali proses pirolisis dengan menggunakan suhu 420°C ?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, ruang lingkup penelitian dibatasi pada:

- a. Sistem memonitoring dan mengontrol suhu pada reaktor pirolisis.
- b. Penelitian menggunakan plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagai bahan utama pirolisis dengan massa 1kg.
- c. Proses dekomposisi pirolisis pada 3 pilihan suhu 380°C, 400°C dan 420°C.
- d. Mikrokontroller yang digunakan adalah ESP32 DevKit V1
- e. Hasil monitoring suhu ditampilkan pada LCD dan *smartphone* menggunakan aplikasi kodular.
- f. *Database* yang digunakan adalah *Firestore* dan *Spread sheet*
- g. Hasil penelitian hanya menunjukkan volume dan massa yang dihasilkan pada sekali proses pirolisis dengan suhu 420°C.
- h. Pengujian untuk proses monitoring dan kontrol suhu tidak diuji mendalam terkait karakteristik dan sifat kimianya.

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

- a. Dapat merancang sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis *internet of things*.
- b. Dapat memahami cara kerja sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis *internet of things*.
- c. Dapat mengetahui waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu yang dipilih.
- d. Dapat mengetahui massa jenis yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan menggunakan suhu 420°C.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini baik manfaat akademik dalam ilmu pengetahuan maupun manfaat aplikatif untuk masyarakat umum yaitu :

- a. Manfaat Akademik
 1. Sebagai referensi dan pengembangan ilmu dalam rancang bangun sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis serta bahan penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan suhu alat pirolisis.
 2. Sebagai pembelajaran dan wawasan lebih dalam rancang bangun sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis
- b. Manfaat Aplikatif
 1. Membantu memonitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis.
 2. Untuk meminimalisir kerusakan pada alat yang dikarenakan suhu terlalu tinggi sehingga reaktor mencapai titik leburnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian skripsi ini terdiri dari:

a. BAB I Pendahuluan

Menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

b. BAB II Tinjauan Pustaka

Menguraikan penelitian sebelumnya dan landasan teori terkait implementasi Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dirancang serta diimplementasikan, penulis dapat menyimpulkan bahwa:

1. Penulis berhasil merancang bangun sistem monitoring dan kontrol pada alat pirolisis berbasis *internet of things*. Pada alat pirolisis yang dibuat dapat menampung sampah plastik dengan massa 1 kg. Alat pirolisis dengan dimensi 70x20x30 cm yang terdiri dari reaktor, tempat TAR, dan kondensor. Sistem pemanasan ini menggunakan *heater* dengan kontrol suhu yang diatur oleh mikrokontroler agar stabil pada suhu target. Monitoring menggunakan aplikasi kodular pada smartphone sebagai tempat melihat suhu secara *real-time* dan data hasil pirolisis tersimpan pada *database Spread sheet* sehingga dapat melihat tanggal, waktu, dan suhu pada alat pirolisis. Proses *real-time* dan penyimpanan data dengan bantuan sinyal Wi-Fi sebagai perantara.
2. Cara kerja dari sistem monitoring dan kontrol suhu pada alat pirolisis berbasis internet of things ini dengan memberikan tegangan 220v pada alat sehingga mikrokontroler yang tegangannya sudah diatur oleh adapter dan step down akan hidup. Mikrokontroler menggunakan sinyal *Wi-Fi* sebagai komunikasi data dalam mengirimkan data suhu ke *database*. Setelah semua komponen hidup maka akan terdapat menu yang muncul pada layar LCD. Pada menu LCD terdapat 3 suhu yang akan di kontrol dan 1 menu seting pompa. Untuk seting pompa hanya untuk menghidupkan atau mematikan pompa yang akan mengaliri air pada kondensor sedangkan 3 suhu tersebut akan menghidupkan heater sehingga proses pirolisis dapat berjalan. Disamping itu pada LCD jika sudah memilih suhu yang diinginkan maka akan terdapat nilai suhu secara *real-time* pada LCD, begitu pula pada aplikasi android kodular. Data suhu pada mikrokontroler akan mengirimkan nilai suhu ke aplikasi dengan bantuan *database firebase* agar dapat tampil secara *real-time*. Pada aplikasi android kodular akan diberi pilihan antara melihat suhu *real-time* atau melihat data suhu histori berupa tanggal, waktu dan suhu. Jika memilih monitoring secara *real-time* maka akan terlihat suhu *real-time* sama seperti pada tampilan LCD. Jika memilih data histori maka akan terlihat rekapan

tanggal, waktu, dan suhu pada proses pirolisis yang dimana *spreadsheet* sebagai *database* nya

3. Berdasarkan hasil dari penelitian dengan pengujian alat yang sudah dibuat maka, mendapatkan hasil berupa waktu pemanasan maksimal. Lamanya suhu mencapai suhu target bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan apakah tertutup atau terbuka. Pengujian waktu suhu maksimal pada pirolisis mendapat 3 pengujian dengan 3 suhu berbeda. Pada suhu 380°C mendapat rata-rata 53,6 menit, pada suhu 400°C mendapat rata-rata 71 menit, dan 420°C mendapat rata-rata 91 menit dalam mencapai suhu target.
4. Dari pengujian alat pirolisis, hasil yang didapatkan dengan suhu 420°C menggunakan plastik yang dipotong kecil kecil sehingga mendapatkan massa 1kg dan menghasilkan bahan bakar dengan massa 4 gram dan volume 3,8 ml. Jika dicari massa jenisnya maka mendapatkan 1,052 g/ml. Terdapat karbon padat berupa TAR pada proses pirolisis serta gas keluar pada proses pirolisis yang mudah terbakar.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat disarankan untuk menambahkan lampu indikator sebagai penanda bahwa pemanas atau *heater* sedang aktif atau tidak dan lebih teliti dalam proses pembuatan alat pirolisis dikarenakan pirolisis menggunakan tekanan tinggi yang dihasilkan pada pemanasan tabung reaktor. Kebocoran pada alat pirolisis mempengaruhi hasil yang didapatkan. Selain itu semakin banyak bahan yang digunakan maka akan semakin bagus juga hasilnya. Suhu pada reaktor jika lebih tinggi maka akan semakin bagus juga hasil yang didapatkan. Pengaman dalam kelistrikan perlu diperhitungkan juga karena memakai tegangan tinggi dan mengalir tegangan ke mikrokontroler yang notabene menggunakan tegangan rendah. Suhu lingkungan menjadi salah satu faktor dalam cepat atau lambatnya panas akan mencapai suhu target yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. K. M. G. A. N. and F. X. A. Sugiyana, "Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, Yogyakarta, 2016.
- [2] I. D. K. Anom and J. Z. Lombok, "Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Kantong Plastik sebagai Bahan Bakar Bensin," *Fullerene Journal of Chemistry*, vol. 5, no. 2, p. 96, Oct. 2020, doi: 10.37033/fjc.v5i2.206.
- [3] A. S. Nugroho, "PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK LDPE DAN PP UNTUK BAHAN BAKAR DENGAN CARA PIROLISIS," *Jurnal Litbang Sukowati : Media Penelitian dan Pengembangan*, vol. 4, no. 1, p. 10, Oct. 2020, doi: 10.32630/sukowati.v4i1.166.
- [4] M. A. B. S. and R. , "Sistem Kontrol Suhu dan Laju Pemanasan Alat Pirolisis," *JNTETI*, vol. 1, pp. 49-54, 2012.
- [5] S. Marto Gatrisno Risto, A. Sunarso, B. Pahanop Lapanoro Prodi Fisika, and F. Universitas Tanjungpura Pontianak Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak, "Rancang Bangun Sistem Pemantau dan Kendali Suhu Pada Model Alat Pirolisis Plastik," vol. VI, no. 01, pp. 49–56, 2018.
- [6] M. A. Wicaksono and A. , "PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK JENIS PET(POLYETHYLENE PEREPHTHALATHE)," *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. Vol. 5, p. No. 1, 2017.
- [7] Q. R. and W. H. , "Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik," *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. IV, p. 28, 2015.
- [8] E. Hartulistiyoso, F. A. P. A. G. Sigiro, and M. Yulianto, "Temperature Distribution of the Plastics Pyrolysis Process to Produce Fuel at 450oC," *Procedia Environ Sci*, vol. 28, pp. 234–241, 2015, doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.030.
- [9] T. Novia, "PENGOLAHAN LIMBAH SAMPAH PLASTIK POLYTTHYLENE TEREPHTHLATE(PET) MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK DENGAN PROSES PIROLISIS," *GRAVITASI Jurnal Pendidikan Fisika dan Sains*, vol. 4, pp. 33-41, 2021.
- [10] M. R. Rizak, K. A. and T. , "Perbandingan Bahan Bakar Minyak Hasil Dari Pengolahan Sampah Plastik Pp Dan Pe Berbasis Metode Pirolisis," *SURYA TEKNIKA*, vol. 6, pp. 1-7, 2022.
- [11] D. A. Saputra, A. and R. , "RANCANG BANGUN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kendali dan Listrik*, vol. 1, pp. 7-13, 2020.
- [12] M. Telekomunikasi and D. Informasi, "AUDIT TEKNOLOGI INFORMASI PADA PT XYZ MENGGUNAKAN FRAMEWORK COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION (COSO)," *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika*, vol. 10, no. 1, 2019.

- [13] M. E. Budiarta, "Pemodelan Sistem Pelacakan Posisi Sinar Matahari Berbasis Internet of Things (IoT) Berdasarkan Data," *Jurnal Teknik Elektro. Volume 11 Nomor 2 Tahun 2022 Halaman 227-235*, vol. Volume 11 Nomor 2 , pp. 227-235, 2022 .
- [14] N. W. I. W. S. K. N. S. and N. M. Y. , "ALAT PENCATAT TEMPERATUR OTOMATIS MENGGUNAKAN TERMOKOPEL BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51," *Buletin Fisika*, vol. 3, pp. 29-33, 2012.
- [15] M. D. Kusbiantoro, A. P. and H. K. Safitri, "KONTROL SUHU DAN JUMLAH MATERIAL TERLARUT DALAM AIR AKUARIUM MENGGUNAKAN PROPORTIONAL KONTROLER," *JURNAL ELKOLIND*, vol. 3, pp. 84-91, 2016.
- [16] S. W. A. N. S. A. K and W. C. , "ANALISIS SISTEM PEMANTAUAN SUHU DAN KELEMBAPAN SERTA PENYIRAMAN OTOMATIS PADA BUDIDAYA JAMUR DENGAN ESP32 DI FUNGI HOUSE KABUPATEN SEMARANG," *ORBITH*, vol. 17, pp. 210-219, 2021.
- [17] E. H. Sisteminformasi, F. Teknologiinformasi, I. Sains, D. Bisnis, and A. Luhur, "OPTIMASI BASIS DATA ORACLE MENGGUNAKAN COMPLEX VIEW STUDI KASUS: PT. BERKAT OPTIMIS SEJAHTERA (PT.BOS) PANGKALPINANG," *Jurnal Informatika*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [18] D. Tangel, S. Tangkuman and H. Luntungan, "APLIKASI SPREADSHEET PADA PERANCANGAN RODA GIGI LURUS," *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* , vol. Volume 5 Nomor 2, p. 105, 2020.
- [19] R. Musfekar, P. Teknologi Informasi, and F. Tarbiyah dan Ilmu Keguruan, "PERANCANGAN APLIKASI MEDIA PEMBELAJARAN DASAR DESAIN GRAFIS BERBASIS ANDROID MENGGUNAKAN WEB KODULAR," *JINTECH: Journal of Information Technology*, vol. 3, no. 1, [Online]. Available: <https://journal.ar-raniry.ac.id/index.php/jintech>
- [20] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>