

**PENGEMBANGAN KOMPOR BIOMASSA DENGAN MEKANISME
PEMATIAN SEMI OTOMATIS**

(Skripsi)

Oleh

Agustinus Kristianto Alan Pambudi



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGEMBANGAN KOMPOR BIOMASSA DENGAN MEKANISME PEMATIAN SEMI OTOMATIS

Oleh

Agustinus Kristianto Alan Pambudi

Kompor biomassa menggunakan biopellet limbah kayu, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan potongan kayu diharapkan dapat menjadi solusi alternatif. Biopellet TKKS dihasilkan dari limbah industri kelapa sawit dimana di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan luas lahan perkebunan kelapa sawit dan produksi kelapa sawit yang terus meningkat. Pada tahun 2017, luas perkebunan kelapa sawit mencapai 16 juta hektar (Direktorat Jendral Perkebunan, 2018), sementara produksi kelapa sawit mencapai 38,17 juta ton (Kementerian Pertanian RI, 2018). Biomassa sebagai bahan bakar kompor merupakan langkah yang positif dalam mengurangi penggunaan gas dan listrik dan memperkenalkan alternatif yang lebih ramah lingkungan, alat kompor biomassa otomatis untuk mengatur suhu, mengatur keluaran pellet menggunakan *auto feeder* serta menghidupkan dan mematikan kompor secara otomatis sebagai solusi *save energi*. Untuk itu, jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian metode penelitian kuantitatif dengan beberapa tahapan yaitu perancangan alat, perangkaian alat, uji kinerja alat, pengamatan alat dan analisis data. Hasil menunjukkan untuk menunjang pengamatan suhu pada kompor biomassa yaitu ditambahkan sensor suhu *thermocouple* tipe k yang diletakan pada empat titik tungku kompor. Pada tungku kompor biomassa memanfaatkan barang bekas yaitu kemasan kaleng makanan ringan yang berukuran 17 cm x 14 cm x 25 cm sebagai tempat ruang pembakaran dan terdapat juga penampung abu pada tungku. Pemanfaatan barang bekas pada penelitian ini dapat menghemat biaya dalam pembuatan kompor biomassa. Tahapan selanjutnya yaitu menggabungkan

tungku kompor dengan kerangka yang sudah dibuat menggunakan baut. Pipa *screw* berfungsi sebagai jalur penambahan bahan bakar biopellet, proses penambahan bahan bakar melalui *hopper* lalu didorong menggunakan *screw feeder* dan melewati pipa, sehingga masuk ke dalam ruang bakar pada tungku kompor biomassa. Pada kompor biomassa otomatis *screw feeder* berfungsi sebagai pendorong biopellet dari *hopper* ke dalam pipa yang diteruskan ke ruang bakar. Rancangan ini menggunakan besi siku untuk kerangka dengan ukuran 70 cm x 40 cm x 40 cm sebagai tempat diletakkannya tungku kompor biomassa. Kinerja alat dicatat menggunakan Microsoft Excel. Selama pengujian kompor biomassa otomatis menggunakan tiga bahan biopellet diantaranya, biopellet TKKS, biopellet limbah kayu, dan potongan kayu. Kenaikan suhu setelah penambahan bahan bakar, dan ketebalan asap dari ketiga bahan biopellet, gas kompor biomassa terbilang lebih irit bahan bakar dikarenakan harga biopellet hanya Rp 1.300/kg dibandingkan dengan tabung gas yang harganya Rp 202.000/12 kg. Telah dihasilkan rancangan bangun alat memasak dan pengolahan hasil pertanian kompor biomassa otomatis menghidupkan dan mematikan berbasis mikrokontroler yaitu: dapat menambah bahan bakar secara otomatis menggunakan *screw feeder* untuk menaikkan suhu dan penambahan penutup ruang bakar untuk menurunkan hingga mematikan. Hasil dari pengujian stabilitas, respon sistem, akurasi suhu, kecepatan eksekusi, dan keberhasilan mematikan kompor. Pengujian stabilitas motor listrik DC 12v dapat menarik beban penutup ruang bakar selama 20 detik pada saat membuka dan menutup. Hasil rerata respon sistem untuk motor listrik penutup ruang bakar saat terbuka dan tertutup yaitu 0.7 cm setiap detiknya yang artinya respon sistem dalam menggerakkan penutup ruang bakar cukup baik, Pada pengujian akurasi suhu kompor biomassa mampu menjalankan perintah sesuai dengan *setting point* yang ditentukan, pada *setting point* 100°C jika suhu berada di bawah *setting point* maka penutup ruang bakar akan terbuka. Hasil pengujian keberhasilan menurunkan suhu di dalam panci setelah ruang bakar ditutup mampu menurunkan suhu sebesar 239,5°C. Kompor biomassa yang dirancang dengan menambah penutup ruang bakar dan *fan blower* sebagai alat kendali dalam mengatur besar kecilnya bara api mampu bekerja dengan baik.

Kata Kunci: kompor biomassa, biopellet, *fan blower*

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF BIOMASS STOVE WITH SEMI-AUTOMATIC SHUT-OFF MECHANISM

Oleh

Agustinus Kristianto Alan Pambudi

Stoves using wood waste biopellets, empty oil palm bunches (TKKS), and wood chips are expected to be an alternative solution. TKKS biopellets are produced from palm oil industry waste, which in Indonesia is increasing along with the growth of palm oil plantation area and increasing palm oil production. In 2017, the area of palm oil plantations reached 16 million hectares (Directorate General of Plantations, 2018), while palm oil production reached 38.17 million tons (Ministry of Agriculture of the Republic of Indonesia, 2018). Biomass as a stove fuel is a positive step in reducing the use of gas and electricity and introducing more environmentally friendly alternatives, automatic biomass stove tool to regulate temperature, regulate pellet output using *auto feeder* and turn the stove on and off automatically as an *energy saving solution*. For that type research used in study, this use type study method study quantitative with a number of stages namely tool design, tool assembly, tool performance testing, tool observation and data analysis. Results show to support temperature observation on biomass stove, a k-type *thermocouple temperature sensor is added* which is placed at four points of the stove furnace. The biomass stove furnace utilizes used goods, namely snack cans measuring 17 cm x 14 cm x 25 cm as a place for the combustion chamber and there is also an ash container in the furnace. The use of used goods in this study can save costs in making biomass stoves. The next stage is to combine the stove furnace with the frame that has been made using bolts. The *screw pipe* functions as a path for adding biopellet fuel. The process of adding fuel through

the hopper is then pushed using *a screw feeder* and passes through the pipe, so that it enters the combustion chamber in the biomass stove furnace. In automatic biomass stoves, *the screw feeder* functions as a pusher for biopellets from *the hopper into the pipe which is continued to the combustion chamber*. This design uses angle iron for the frame measuring 70 cm x 40 cm x 40 cm as a place to place the biomass stove furnace. The performance of the tool is recorded using Microsoft Excel. During the automatic biomass stove test using three biopellet materials including, TKKS biopellets, wood waste biopellets, and wood chips. the temperature increase after adding fuel, and the thickness of the smoke from the three biopellet materials, the biomass stove gas is relatively more fuel efficient because the price of biopellets is only IDR 1,300/kg compared to gas cylinders which cost IDR 202,000/12 kg. A design has been produced for a cooking and agricultural processing tool for an automatic biomass stove that turns on and off based on a microcontroller that meets the design criteria, namely: being able to add fuel automatically using *a crew feeder* to increase the temperature and the addition of a combustion chamber cover to lower it to turn it off. The results of the stability test, system response, temperature accuracy, execution speed, and success in turning off the stove. The stability test of the 12v DC electric motor can pull the load of the combustion chamber cover for 20 seconds when opening and closing. The average system response result for the electric motor combustion chamber cover when open and closed is 0.7 cm per second, which means that the system response in moving the combustion chamber cover is quite good. In the temperature accuracy test, the biomass stove was able to execute commands according to the specified setting point, at a setting point of 100°C if the temperature is below the setting point, the combustion chamber cover will open. The results of the test for the success of lowering the temperature in the pan after the combustion chamber is closed are able to lower the temperature by 239.5°C. A biomass stove designed by adding a combustion chamber cover and *fan blower* as a control tool in regulating the size of the embers is able to work well.

Keywords: biomass stove, biopellets, fan blower

**PENGEMBANGAN KOMPOR BIOMASSA DENGAN MEKANISME
PEMATIAN SEMI OTOMATIS**

Oleh

Agustinus Kristianto Alan Pambudi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **PENGEMBANGAN KOMPOR
BIOMASSA DENGAN MEKANISME
PEMATIAN SEMI OTOMATIS**

Nama Mahasiswa : **Agustinus Kristianto Alan Pambudi**


No. Pokok Mahasiswa : **1814071074**

Jurusan : **Teknik Pertanian**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.

NIP. 19880325 201504 1 001


Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.

NIP. 19610220 198803 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian


Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.

NIP. 19621010 198902 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**



Sekretaris

: **Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi

: **16 Juli 2024**

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya Agustinus Kristianto Alan Pambudi NPM 1814071074. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. dan 2) Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P.**, berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 16 Juli 2024
Penulis,



Agustinus Kristianto Alan Pambudi
NPM 1814071074

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sidoharjo, Penawartama, Tulang Bawang Pada tanggal 28 Agustus 2000, sebagai anak ketiga dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak Vilius Yuliwinarno dan Ibu Magdalena Ngadinem. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 2 Sidoharjo, lulus pada tahun 2012.

Sekolah menengah pertama di SMP Xaverius Metro, lulus pada tahun 2015. Sekolah menengah atas di SMK Pertanian Negeri Lampung, lulus pada tahun 2018. Pada tahun yang sama 2018 penulis melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Organisasi Kemahasiswaan, tingkat Jurusan sebagai Anggota bidang Dana dan Usaha Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2019, periode 2020, dan periode 2021.

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Februari - Maret 2021 di desa Tri Rejo Mulyo, Kecamatan Penawartama, Kabupaten Tulang Bawang. Penulis melaksanakan Praktik umum (PU) pada tahun 2022 di PT.Ghaly Roelies Indonesia, Kemiling, Bandar Lampung dengan judul “Proses Pengolahan Pasca Panen Fermentasi Kopi Organik Kandungan Asam Klorogenat dan Acidity di PT.Ghaly Roelies Indonesia, Kemiling, Bandar Lampung” selama 40 hari pada bulan Juli – Agustus 2022.

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan limpahannya

Sebagai wujud kasih sayang, bukti tulus, bentuk rasa bersyukur dari kerja keras dan doa dari setiap yang engkau ucapkan kupersembahkan Skripsi ini kepada :

Orangtua ku tersayang dan yang aku cintai sepenuh hatiku
(Vilius Yuliwinarno, S.P & Magdalena Ngadinem, S.Pd)

Yang telah membesarkan, mendidiku serta memberikan doa yang tulus yang engkau berikan kepadaku,serta perjuangan tiada henti yang engkau berikan kepadaku sampai aku bisa di titik ini

Serta Kakaku tersayang
(Veronica Olivia Gita Puspa Dewi
& Bernadeta Niken Dwi Cahya Rini)
Serta adikku tersayang
(Alfonsia Brigit Cintaku)

Terimakasih telah memberikan doa dan dukungan disetiap langkahku

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan yang Maha Esa telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan perlindungannya sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Pengembangan Kompor Biomassa Dengan Mekanisme Pematian Semi Otomatis**” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Agus Haryanto, M.P. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;
6. Bapak Dr. Wahyu Hidayat, S.Hut., M.Sc. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran dan keritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini;

7. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuannya yang telah diberikan baik dalam perkuliahan atau yang lainnya;
8. Bapak Vilius Yuliwinarno dan Ibunda Magdalena Ngadinem yang telah mendidik, memberikan semangat, doa dan kepercayaan dalam menimba ilmu dibangku perkuliahan;
9. Saudara penulis Veronica Ollivia Gita, Bernadeta Niken Dwi Cahya Rini dan Alfonsia Brigit Cintaku yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis;
10. Teman seperjuangan yaitu Wulan Fadila, Krisna Bayu Aji, Wahyu Saputra, Rendi Amanda, Muhammad Fadhli Ramadhan, Ahmad Rido Kurniawan, Ahmad tonero, Raditya Fitra Pratama, dan Andrian Felix Saputra.
11. Rekan - rekan PERMATEP yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan untuk penulis;
12. Keluarga Teknik Pertanian 2018 yang telah kebersamai dari awal sampai akhir, yang selalu memberikan semangat, bantuan dan motivasi;
13. Teman KKN Desa Tri Rejo Mulyo yaitu Raffa Adilla Putri, Tiyas, dan Tia.
14. Serta semua pihak yang terlibat dalam proses penulisan skripsi ini;

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Karena itu, kritik dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, 16 Juli 2024

Penulis



Agustinus Kristianto Alan Pambudi

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Hipotesis	6
1.6. Manfaat Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Kompiler	7
2.2. Kompiler Biomassa	8
2.3. Kelebihan Kompiler Biomasa	9
2.4. Bahan Bakar Kompiler Biomassa	10
2.5. Suhu	12
2.6. Mikrokontroler	13
2.7. Arduino Uno	13
2.8. Arduino IDE	14
2.9. Screw Conveyor	15
2.10. Mengisolasi Titik Api	16
2.11. Rujukan Penelitian	16

III. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1. Waktu dan Tempat.....	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	21
3.4. Studi Literatur	22
3.5. Kriteria Desain.....	23
3.6. Perancangan	24
3.6.1. Rancangan Struktural	25
3.6.2. Rancangan Fungsional	26
3.7. Parameter Pengamatan.....	29
3.7.1. Uji Laju Pembakaran	29
3.7.2. Konsumsi Bahan Bakar	30
3.7.3. Uji Penambahan Bahan Bakar.....	31
3.7.4. Suhu Bagian Kompor	31
3.7.5. Uji Ketebalan Asap.....	31
3.8. Uji Kinerja Alat	32
3.8.1. Uji Stabilitas	32
3.8.2. Respon Sistem	33
3.8.3. Akurasi Suhu	34
3.8.4. Kecepatan Eksekusi.....	35
3.8.5. Keberhasilan Mematikan Kompor	35
3.8.6. Efisiensi Bahan Bakar	36
3.8.7. Fitur Penting Kompor.....	36
3.9. Analisis Data.....	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Perancangan Alat	39

4.1.1	Pembuatan kerangka dan tungku kompor	43
4.1.2	Perancangan Pipa screw feeder dan Fan Blower.....	44
4.1.3	Pembuatan Hopper dan Screw Feeder.....	44
4.1.4	Pembuatan Penutup Ruang Bakar	46
4.1.5	Penggerak Penutup Ruang Bakar	46
4.2	Rangkaian Sistem Kendali Otomatis	47
4.2.1	Rangkaian sensor suhu (Thermocouple Type K).....	48
4.2.2	Rangkaian Dinamo Motor dan <i>Fan Blower</i>	49
4.2.3	Panel Alat Kendali.....	51
4.3	Hasil Rancangan Kompor Biomassa Otomatis.....	52
4.4	Uji Kinerja Alat dan Analisis Data	53
4.4.1	Kalibrasi dan Validasi Sensor	54
4.4.2	Uji Laju pembakaran	61
4.4.3	Konsumsi Bahan bakar.....	65
4.5	Uji Penambahan Bahan Bakar	66
4.6	Suhu Bagian Kompor	68
4.7	Uji Ketebalan Asap.....	69
4.8	Uji kinerja	71
4.7.1	Stabilitas	71
4.7.2	Respon sistem.....	73
4.7.3	Akurasi Suhu	74
4.7.4	Kecepatan Eksekusi.....	78
4.7.5	Keberhasilan Mematikan Kompor	82
4.7.6	Efisiensi Bahan Bakar	90
4.7.7	Fitur Penting Kompor.....	91
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	93

5.1	Simpulan	93
5.2	Saran	95
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN		103

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Kompor LPG Dua Tungku	7
Gambar 2. Kompor Biomassa	8
Gambar 3. Bahan bakar kompor biomassa.....	11
Gambar 4. Arduino Uno	14
Gambar 5. Arduino IDE	15
Gambar 6. Diagram Alur Metode Penelitian.....	22
Gambar 7. Bagian-Bagian Alat	26
Gambar 8. Dinamo DC 12V	27
Gambar 9. Blower	28
Gambar 10. <i>Thermocouple</i>	28
Gambar 11. Grafik Sistem Stabil dan Tidak Stabil	32
Gambar 12. Grafik Respon Sistem.....	33
Gambar 13. Hasil perancangan.....	39
Gambar 14. Komponen Screw feeder	40
Gambar 15. Komponen-komponen penutup ruang bakar	41
Gambar 16. Skema proses penutupan ruang bakar.....	41
Gambar 17. Skema proses membuka ruang bakar.....	42
Gambar 18. Titik peletakan sensor thermocouple	42
Gambar 19. Rangkaian Kerangka dan Tungku	43
Gambar 20. Perancangan Pipa screw feeder dan fan blower	44
Gambar 21. Hopper	45
Gambar 22. Screw feeder	45
Gambar 23. Penutup Ruang Bakar	46
Gambar 24. Penggerak Penutup Ruang Bakar	47
Gambar 25. Sketsa Thermocouple type K.....	48
Gambar 26. Rangkaian Sistem Thermocouple Type K.....	48
Gambar 27. Hasil Rangkaian Dinamo Motor dan Fan Blower	50
Gambar 28. Rangkaian Sistem Kendali Sensor Suhu.....	51
Gambar 29. Panel Alat Kendali Dinamo dan Fan Blower.....	52

Gambar 30. Rangkaian utuh alat	53
Gambar 31. Pengujian Alat	54
Gambar 32. Thermometer thermocouple.....	54
Gambar 33. Kalibrasi dan validasi sensor	55
Gambar 34. Kalibrasi sensor <i>thermocouple</i> 1	56
Gambar 35. Kalibrasi sensor <i>thermocouple</i> 2	56
Gambar 36. Kalibrasi sensor <i>thermocouple</i> 3	57
Gambar 37. Kalibrasi sensor <i>thermocouple</i> 4	57
Gambar 38. Validasi sensor <i>thermocouple</i> 1.....	59
Gambar 39. Validasi sensor <i>thermocouple</i> 2.....	59
Gambar 40. Validasi sensor <i>thermocouple</i> 3.....	60
Gambar 41. Validasi sensor <i>thermocouple</i> 4.....	60
Gambar 42. Bahan bakar pengujian laju pembakaran	62
Gambar 43. Uji laju pembakaran.....	63
Gambar 44. Konsumsi Bahan Bakar	65
Gambar 45. Pengaruh penambahan bahan bakar terhadap suhu	67
Gambar 46. Suhu setiap bagian kompor	69
Gambar 47. Perbandingan ketebalan asap.....	70
Gambar 48. Stabilitas motor listrik DC 12v untuk penutup ruang bakar	72
Gambar 49. Respon alat dalam menggerakkan penutup ruang bakar	73
Gambar 50. Penurunan suhu tungku	82
Gambar 51. Uji penutup 25 %.....	84
Gambar 52. Nilai penurunan suhu setiap 30 detik variasi 25%.....	84
Gambar 53. Uji penutup 50 %.....	85
Gambar 54. Penurunan suhu setiap 30 detik variasi 50%	86
Gambar 55. Uji penutup 75%	87
Gambar 56. Penurunan suhu setiap 30 detik variasi 75%	87
Gambar 57. Uji penutup 100%	88
Gambar 58. Penurunan suhu setiap 30 detik variasi 100%	89
Gambar 59. Warna api prmbakaran.....	90
Gambar 60. Proyeksi kompor biomassa otomatis	104
Gambar 61. Perancangan sistem kendali.....	104

Gambar 62. Pengecatan kompor biomassa.....	104
Gambar 63. Pengujian laju pembakaran biopellet limbah kayu	105
Gambar 64. Pengujian efisiensi berdasarkan warna api	105
Gambar 65. Pengujian penutup ruang bakar.....	105
Gambar 66. Pengujian akurasi alat kendali	106
Gambar 67. Pengujian alat untuk menggoreng	106
Gambar 68. Pengujian alat untuk memanggang	107
Gambar 69. Pengujian penutup ruang bakar dalam menurunkan suhu	107
Gambar 70. Skematik sistem kendali otomatis	108
Gambar 71. Rata-rata bobot bahan bakar satuan.....	108
Gambar 72. Rata-rata bobot bahan bakar satuan.....	108
Gambar 73. Rata-rata ukuran bahan bakar satuan.....	109
Gambar 74. Rata-rata ukuran bahan bakar satuan.....	109
Gambar 75. Uji laju pembakaran setiap 10 menit	110

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rujukan Penelitian	16
Tabel 2. Panduan Interpretasi Koefisien Korelasi	56
Tabel 3. Nilai Setting Point 100 °C	75
Tabel 4. Nilai Setting Point 200 °C	76
Tabel 5. Nilai Setting Point 300 °C	76
Tabel 6. Nilai Setting Point 400 °C	77
Tabel 7. Pengujian Suhu Tungku 100 °C	78
Tabel 8. Pengujian Suhu Tungku 200 °C	79
Tabel 9. Pengujian Suhu Tungku 300 °C	80
Tabel 10. Pengujian Suhu Tungku 400 °C	81
Tabel 11. Perbandingan Fitur Penting Kompor.....	91
Tabel 12. Validasi Sensor 1.....	110
Tabel 13. Validasi Sensor 2.....	111
Tabel 14. Validasi Sensor 3.....	112
Tabel 15. Validasi Sensor 4.....	113
Tabel 16. Pengujian Laju Pembakaran Biopellet Limbah Kayu... ..	114
Tabel 17. Pengujian Laju Pembakaran TKKS	115
Tabel 18. Pengujian Laju Pembakaran Potongan Kayu... ..	116
Tabel 19. Pengujian Keberhasilan Mematikan Kompor.	118

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kompore merupakan peralatan untuk memasak makanan telah dikenal sejak zaman kuno oleh berbagai bangsa di Timur, termasuk China, Korea, dan Jepang. Pada awalnya, tungku api terbuat dari tanah liat yang digunakan untuk memasak. Pada tahun 1849, Alexis Soyer, seorang Perancis, memperkenalkan kompor minyak tanah yang menggunakan tekanan udara untuk memicu api, menggantikan kompor sebelumnya yang menggunakan sumbu. Di Amerika Serikat, pada tahun 1859, George B. Simpson mematenkan kompor listrik yang menggunakan pemanas kumparan. Seiring berjalannya waktu, kumparan ini kemudian digantikan oleh material *glass-ceramic*, sehingga kompor listrik modern tidak menghasilkan bau atau asap dari pembakaran bahan bakar (Kuncoro dan Damanik, 2005).

Kemajuan teknologi telah signifikan dalam menyederhanakan dan meningkatkan efisiensi kehidupan sehari-hari, termasuk dalam kegiatan memasak di rumah tangga. Perkembangan ini mempengaruhi penggunaan kompor, di mana kompor gas dan kompor listrik menjadi pilihan umum. Dalam hal biaya, kompor listrik cenderung memiliki biaya awal yang lebih tinggi, sementara kompor gas memiliki harga yang lebih terjangkau. Selain itu, bahan bakar untuk kompor listrik umumnya lebih mahal dibandingkan dengan bahan bakar kompor gas. Namun, dari kedua jenis kompor tersebut dapat dikatakan relatif mahal untuk penggunaan bahan bakar dalam jangka panjang. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, pembuatan kompor biomassa menggunakan biopellet limbah kayu, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), dan potongan kayu diharapkan dapat menjadi solusi alternatif. Harapannya adalah penggunaan ketiga jenis bahan bakar ini dapat membantu mengurangi pengeluaran biaya rumah tangga untuk membeli bahan bakar memasak. Upaya untuk menggunakan biomassa sebagai bahan bakar kompor merupakan langkah yang positif dalam mengurangi penggunaan gas dan

listrik dan memperkenalkan alternatif yang lebih ramah lingkungan serta lebih terjangkau secara ekonomis bagi rumah tangga.

Biopellet limbah kayu merupakan bahan bakar yang dihasilkan dari limbah serbuk kayu yang biasa digunakan dalam pembuatan triplek dan *furniture* yang menggunakan bahan limbah kayu. Limbah kayu memiliki beragam kegunaan seperti alas hewan ternak karena menyerap bau tidak sedap dari kotoran hewan, sebagai media tanam untuk jamur, diolah menjadi biopellet, media tanaman hias dan penggunaan lainnya. Namun, dengan perkembangan zaman, para peneliti telah mengelola limbah kayu untuk dijadikan bahan bakar dalam memasak, yang diolah menjadi biopellet. Biopellet yang terbuat dari limbah kayu merupakan sumber energi terbarukan yang memiliki emisi rendah dan nilai panas yang tinggi. Proses pembakarannya juga menghasilkan sedikit abu. Pemanfaatan biopellet limbah kayu ini dalam kompor biomassa dapat meningkatkan efisiensi pembakaran pellet bambu, serta menjadi solusi bersih dalam hal energi memasak. Penggunaan biopellet limbah kayu sebagai bahan bakar bisa membantu mengurangi biaya rumah tangga, jika dibandingkan dengan penggunaan gas atau listrik sebagai bahan bakar alternatif. Hal ini mencerminkan arah yang lebih ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan sumber daya alam untuk kebutuhan sehari-hari (Jinan Taichang Transmission Machinery, 2022).

Biopellet TKKS dihasilkan dari limbah industri kelapa sawit dimana di Indonesia semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan luas lahan perkebunan kelapa sawit dan produksi kelapa sawit yang terus meningkat. Pada tahun 2017, luas perkebunan kelapa sawit mencapai 16 juta hektar (Direktorat Jendral Perkebunan, 2018), sementara produksi kelapa sawit mencapai 38,17 juta ton (Kementerian Pertanian RI, 2018). Salah satu limbah padat yang dihasilkan oleh industri kelapa sawit adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS), yang memiliki jumlah yang cukup besar. Menurut Syukri (2014), tandan kosong kelapa sawit mencakup sekitar 23% dari total tandan buah segar. TKKS ini mengandung 36,81% selulosa, 27,01% hemiselulosa, dan 15,07% lignin (Novitri dan Nova, 2010). Dengan pemanfaatan limbah ini sebagai bahan bakar, diharapkan para petani dan industri kelapa sawit dapat menjadikan tankos sebagai produk yang memiliki nilai ekonomis yang lebih tinggi. Hal ini dapat memberikan manfaat ganda, tidak

hanya mengurangi limbah sawit tetapi juga menciptakan peluang ekonomi yang berkelanjutan (Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit, 2020). Kualitas biopellet tidak hanya bergantung pada nilai kalorinya, tetapi juga pada kemampuannya untuk menahan tekanan dari luar, yang membuat proses transportasi dan penyimpanannya lebih mudah. Oleh karena itu, penggunaan TKKS sebagai bahan baku untuk biopellet akan memberikan nilai tambah bagi industri kelapa sawit dan membantu menyediakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Potongan kayu atau wood chips merupakan adalah fragmen kayu berukuran kecil hingga sedang yang dihasilkan dengan cara memotong atau menghancurkan potongan kayu yang lebih besar, seperti pohon, cabang, sisa penebangan, tunggul, akar, dan limbah kayu. Biasanya, serpihan kayu digunakan sebagai bahan baku dalam proses pengolahan teknis kayu. Potongan kayu juga dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk memanggang dan sebagai bahan bakar kompor tungku. Potongan kayu ini diperoleh dari berbagai industri kayu atau pengrajin kayu di daerah Bandar Lampung. Penggunaan potongan kayu bakar merupakan sebagai pembanding dari biopellet yang umum digunakan juga sebagai bahan bakar. Menurut informasi dari industri kayu dan pengrajin kayu umumnya menggunakan kayu sengon dan jati.

Dari beberapa bahan yang digunakan sebagai bahan bakar salah satunya menggunakan limbah kayu dari kayu sengon, jati dan meranti merah. Kayu sengon dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti pembuatan peti, venir, pulp, katon, papan mineral, dan korek api. Namun, proses-proses tersebut menghasilkan limbah kayu sengon yang tidak terpakai. Limbah kayu sengon ini dapat berupa serbuk kayu, serut kayu, dan potongan kayu dengan berbagai bentuk dan ukuran yang tidak beraturan. Kayu jati sering dipilih sebagai bahan baku untuk pembuatan perabotan rumah karena keunggulannya. Berbagai perabot rumah seperti meja, kursi, lemari, dipan, hingga perabotan dapur dapat dibuat menggunakan kayu jati. Perabot rumah yang terbuat dari kayu jati dikenal memiliki kekuatan dan daya tahan yang baik, sehingga dapat digunakan untuk jangka waktu yang panjang tanpa mengalami kerusakan yang signifikan. Dengan keunggulan yang dimilikinya, limbah dari pohon jati dapat dimanfaatkan sebagai

bahan baku untuk pembuatan biopelet atau bahan bakar lainnya. Hal ini dilakukan karena kayu jati memiliki sifat yang awet dan tahan lama, sehingga limbahnya tetap memiliki potensi nilai guna setelah pemakaian utama kayu jati tersebut (Admojo dan Setyawan, 2018). Dengan pemanfaatan kayu sengon dan kayu jati untuk pembuatan biopelet, diharapkan dapat memberikan solusi dalam pemanfaatan limbah kayu, sambil mendukung upaya untuk penggunaan energi terbarukan dan ramah lingkungan.

Penggunaan kompor gas di Indonesia menjadi kebutuhan khusus dalam memenuhi kebutuhan setiap harinya dan banyak dijumpai sejak keberhasilan pemerintah dalam mengkonversi pemakaian minyak tanah menjadi pemakaian gas *Liquid Petroleum Gas* (LPG). Pemakaian kompor gas yang berkelanjutan dapat menyebabkan suhu di ruangan dapur meningkat. Hal ini selaras dengan pernyataan hasil penelitian oleh Akbar (2020) bahwa tubuh manusia akan mengalami gangguan yang menyebabkan turunnya produktivitas kerja pada suhu ruangan melebihi 30-35°C yang artinya panas yang berlebihan. Panas yang terbuang berlebihan merupakan polusi termal yang terjadi di lingkungan yang dapat mempengaruhi tingginya tingkat stres, dehidrasi dan kondisi cepat lelah pada manusia.

Hal ini tentu saja berdampak pada semangat dan kenyamanan saat memasak sehingga berindikasi pada menurunnya produktivitas tubuh. Selain mengganggu kenyamanan saat memasak, dalam kegiatan ini seringkali ibu-ibu rumah tangga meninggalkan masakan di atas kompor untuk melakukan kegiatan lainnya sembari menunggu makanan tersebut matang. Hal ini dapat menyebabkan pemborosan energi yang digunakan dan merusak kualitas masakan sehingga menjadi terlalu matang. Dari hambatan tersebut, seharusnya hal ini dapat memperkenalkan metode *save energi* pada lingkungan masyarakat (Alfian, 2018; Haryanto et al., 2020). Berdasarkan latar belakang inilah, penulis akan membuat sebuah alat kompor biomassa otomatis untuk mengatur suhu, mengatur keluaran pelet menggunakan *auto feeder* serta menghidupkan dan mematikan kompor secara otomatis sebagai solusi *save energi*. Untuk itu, penulis mengambil judul **“Pengembangan Kompor Biomassa Dengan Mekanisme Pematian Semi Otomatis”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah pada penelitian ini.

1. Bagaimana cara menurunkan suhu kompor dengan sistem otomatis?
2. Bagaimana merancang sistem otomatis mematikan bara biopellet?
3. Bagaimana merancang sistem otomatis mengatur Penutup ruang bakar dan *fan blower*?
4. Bagaimana kinerja alat tersebut?
5. Apa yang berbeda dari penelitian kompor biomassa sebelumnya?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum dari penelitian ini yaitu merancang sistem kendali otomatis kompor biomassa dengan penambahan *screw feeder*, Penutup ruang bakar dan *fan blower* untuk mengisi bahan bakar serta menurunkan suhu kompor sampai mematikan.

Tujuan khusus dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Melakukan pengujian stabilitas, respon sistem, akurasi suhu, kecepatan eksekusi, keberhasilan mematikan kompor.
2. Melakukan pengujian lama waktu pembakaran, uji penambahan bahan bakar, dan uji ketebalan asap biopellet limbah kayu, TKKS (tandan kosong kelapa sawit), dan potongan kayu.
3. Membandingkan konsumsi pemakaian bahan bakar biopellet limbah kayu, TKKS dan potongan kayu).
4. Membandingkan fitur penting yang terdapat pada kompor biomassa dengan kompor gas dan kompor listrik.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Alat ini merupakan pengembangan dari jenis-jenis kompor sebelumnya untuk memudahkan kegiatan memasak.
2. Bahan bakar yang digunakan hanya biopellet pelet dari limbah kayu, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan potongan kayu.
3. Menghidupkan api menggunakan pemantik api manual.

4. Uji kinerja dilakukan melalui akurasi, respon sistem, stabilitas dan kecepatan eksekusi.
5. Penelitian ini dilakukan secara *prototype*.

1.5. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Perancangan kompor biomassa ini dapat mematikan bara api secara otomatis.
2. Mengatur penutup ruang bakar dapat mempengaruhi suhu kompor.
3. Mengisolasi ruang bakar dapat mengurangi pasokan udara pada tungku sehingga api mudah dipadamkan dan menurunkan suhu tungku.
4. Pada aplikasi arduino diharapkan dapat menampilkan suhu yang dihasilkan.
5. Penambahan bahan bakar dapat meningkatkan suhu kompor.
6. Penggunaan kompor biomassa dengan menggunakan biopellet lebih murah dibandingkan menggunakan gas atau listrik.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini adalah dapat memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi kompor biomassa dengan penambahan sistem otomatis mengatur suhu sampai mematikan. Harapannya dari penggunaan sistem otomatis ini dapat membantu dalam bidang rumah tangga maupun pengolahan hasil pertanian

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kompor

Kompor adalah salah satu perangkat yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari di rumah tangga untuk berbagai keperluan, seperti memasak, menggoreng, merebus, dan menghangatkan makanan yang sudah matang. Proses memasak dapat dilakukan dengan cara menggoreng atau merebus. Suhu ideal untuk penggorengan biasanya berkisar antara 170°C hingga 200°C, dengan batasan agar tidak melebihi 205°C karena pada suhu tersebut minyak dapat menghasilkan asap yang tidak diinginkan. Penggunaan api pada kompor juga harus terkontrol. Saat merebus, suhu yang diperlukan adalah 100°C, karena pada suhu ini air bisa mencapai titik didihnya yang efektif membunuh kuman atau bakteri. Sementara itu, untuk menghangatkan makanan, suhu yang optimal adalah antara 70°C hingga 90°C. Pemanasan berlebihan dapat membuat makanan menjadi terlalu matang dan tidak enak untuk dikonsumsi (Kuncoro dan Damanik, 2005).



Gambar 1. Kompor LPG Dua Tungku

Kompor merupakan perangkat memasak yang mampu menghasilkan tingkat panas yang tinggi. Bagian dalam kompor biasanya berupa ruang yang tertutup atau terisolasi dari lingkungan luar, di mana masakan diletakkan menggunakan panci atau wajan sebagai media pemanas. Kompor menggunakan beragam jenis bahan bakar, termasuk bahan bakar cair seperti minyak tanah, gas dalam bentuk padatan cair seperti LPG, elemen panas seperti daya listrik, serta bahan bakar biomassa.

Gambar 1 merupakan kompor modern yang digunakan dalam rumah tangga dengan menggunakan bahan bakar gas (dalam bentuk padatan cair LPG). Dalam skala besar, kompor digunakan untuk pabrik-pabrik yang membutuhkan proses pemanasan dengan kebutuhan yang tinggi. Sedangkan untuk skala kecil, kompor digunakan dalam rumah tangga untuk memasak sehari-hari. Memasak umumnya menggunakan media panci atau wajan, sedangkan memasak tanpa media disebut memanggang.

2.2. Kompor Biomassa

Kompor biomassa adalah jenis kompor yang menggunakan bahan bakar biomassa seperti kayu, batok kelapa, limbah perkebunan, limbah pertanian, dan biopelet. Kayu telah menjadi salah satu bahan bakar biomassa yang umum digunakan untuk keperluan memasak (Nasution dkk, 2022). Namun, masalah yang sering muncul adalah kualitas pembakaran yang kurang optimal, yang mengakibatkan efisiensi pembakaran rendah dan asap yang dapat berdampak buruk pada pernapasan jika pembakaran tidak baik. Untuk mengurangi risiko tersebut, dikembangkan kompor biomassa otomatis yang dapat mengatur suhu secara otomatis dan mematikan bara api.



Gambar 2. Kompor Biomassa

Gambar 2 menunjukkan salah satu model kompor biomassa. Penggunaannya melibatkan penambahan bahan biopelet (seperti biopelet limbah kayu, biopelet TKKS, dan potongan kayu) ke dalam ruang bakar, yang kemudian dibakar untuk

menghasilkan api sehingga kompor siap digunakan. Kompor ini menggunakan sistem pre-heating yang memanfaatkan aliran udara untuk membantu proses pembakaran (Prime Indonesia, 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang kompor biomassa yang memiliki fitur tambahan dan unggul dibandingkan dengan model sebelumnya. Fitur tambahan tersebut mencakup sistem otomatis untuk menghidupkan dan mematikan kompor, mengatur suhu, serta menambahkan bahan biopellet ke dalam ruang bakar secara otomatis. Diharapkan penambahan sistem otomatis ini dapat membantu mempermudah kegiatan memasak.

2.3. Kelebihan Kompor Biomasa

Dalam penggunaannya, kompor biomassa menawarkan beberapa keunggulan dibandingkan dengan kompor tungku konvensional. Misalnya, kompor biomassa memanfaatkan aliran udara dan gas, mengurangi jumlah asap yang dihasilkan, menciptakan pembakaran yang lebih efisien, dan mengurangi penggunaan kayu secara signifikan. Bahan bakar untuk kompor biomassa juga sangat terjangkau, termasuk ranting, biopellet dari bambu, kayu karet, tandan kosong kelapa sawit, dan tempurung kelapa. Beberapa model kompor biomassa yang telah dikembangkan menunjukkan efisiensi pembakaran yang lebih baik daripada kompor tradisional, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Julita dkk. (2019). Hal ini konsisten dengan hasil penelitian Adler yang dikutip dalam Rahman (2021), yang menunjukkan bahwa sistem pembakaran pada kompor biomassa lebih efisien dan bersih karena menghasilkan emisi yang lebih sedikit. Hal ini tidak hanya mengurangi risiko bagi penggunanya, tetapi juga hemat bahan bakar. Penggunaan kompor biomassa dengan performa yang lebih baik juga dapat meningkatkan kesehatan penggunanya karena efek buruk dari asap sisa pembakaran dapat diminimalisir.

Penelitian ini tidak terlalu berbeda dengan penelitian sebelumnya karena fokusnya masih pada perancangan kompor biomassa dengan menggunakan bahan bakar biopellet. Namun, penelitian ini lebih menekankan pada pengembangan beberapa komponen perancangan, seperti sistem otomatis penambahan bahan bakar,

pengaturan suhu, dan pemadaman bara api. Penambahan beberapa komponen ini merupakan kemajuan dalam teknologi otomatisasi untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga dan pengolahan hasil pertanian. Dengan adanya fitur otomatis ini, penggunaan kompor biomassa menjadi lebih praktis karena penambahan bahan bakar dan pengaturan suhu tidak lagi harus dilakukan secara manual.

2.4. Bahan Bakar Kompor Biomassa

Biopellet adalah salah satu jenis bahan bakar yang terbuat dari macam – macam bahan hayati atau biomassa (kayu, ranting, daun, rumput, jerami, maupun limbah pertanian) yang dapat dikarbonisasi. Bahan – bahan tersebut dapat diolah menjadi biopellet. Menurut Suprianto dan Merry ,2014) biopellet adalah suatu padatan yang dihasilkan dalam proses pemadatan serta pemberian tekanan dan apabila dibakar akan menghasilkan sedikit asap. Biopellet dibuat melalui sistem pengepresan serta memakai bahan perekat, sehingga membentuk pellet yang digunakan dalam kehidupan sehari – hari. Menurut Saptoadi (2016), proses pemampatan biomassa menjadi biopellet dilakukan sebagai meningkatkan kerapatan energi bahan, mengurangi jumlah abu pada bahan bakar, serta meningkatkan kapasitas panas (kemampuan untuk menghasilkan panas dalam waktu lebih lama dan mencapai suhu yang lebih tinggi). Selain itu, metode torefaksi dikembangkan untuk meningkatkan energi pellet biomassa (Purnomo *et al.*, 2022). Berikut ini merupakan beberapa bahan bakar kompor biomassa.



a) Biopellet limbah kayu

b) Biopellet TKKS

c) Potongan kayu

Gambar 3. Bahan bakar kompor biomassa

Gambar 3 merupakan bentuk beberapa bahan bakar kompor biomassa yaitu:

a) Biopellet limbah kayu

Limbah kayu dari industri penggergajian sering kali tidak diolah dan menyebabkan masalah lingkungan. Untuk mengatasi ini, dapat dimanfaatkan teknologi aplikatif untuk mengubahnya menjadi produk bernilai tambah. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi limbah tetapi juga menghasilkan barang yang bermanfaat, sementara juga mengubah pola pikir masyarakat tentang limbah kayu. Bahan bakar kayu yang umum digunakan secara langsung adalah serbuk gergaji. Serbuk kayu dari limbah ini dapat diolah melalui berbagai tahap, termasuk pencacahan, pengeringan, penepungan, dan pengepresan, menghasilkan biopellet. Penggunaan biopellet dari limbah kayu dapat dilakukan dengan menggunakan tungku untuk pemanas ruangan atau memasak. Biopellet kayu menjadi fokus utama saat ini karena kemudahan dalam memperoleh bahan baku dan sifatnya yang ramah lingkungan. Serbuk kayu ini dapat diperoleh dari berbagai sumber limbah perkayuan, dan jumlahnya sangat melimpah dari proses eksploitasi dan pengolahan kayu (Eka indriani dan Muhammad ali, 2020).

b) Biopellet TKKS (tandan kosong kelapa sawit)

Biopellet yang berasal dari limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ini memiliki sejumlah keunggulan, antara lain bahan bakunya mudah diperoleh, harganya relatif terjangkau, serta asap yang dihasilkan aman karena bersifat organik. Namun, terdapat beberapa kelemahan, di antaranya kesulitan dalam pembakaran langsung menggunakan korek api, yang memerlukan penambahan minyak tanah atau spirtus untuk menyulutnya, serta biaya produksi yang cenderung lebih mahal dibandingkan dengan arang biasa (Luqman Hakim dkk, 2013). Penggunaan TKKS sebagai bahan baku energi biomassa dapat memberikan nilai tambah untuk industri kelapa sawit. Selain itu, pemanfaatan TKKS sangat strategis sebagai bahan baku biopellet karena penyediaan energi alternatif ramah lingkungan, terutama apabila dihubungkan pada upaya pada negara dan daerah ini

dalam peranan aktif untuk mengurangi *global warming* (pemanasan global) dan *climate change* (perubahan iklim) yang disebabkan oleh emisi dari bahan bakar fosil (Falah, 2019).

c) Potongan kayu atau *wood chips*

Kompur biomassa juga dapat menggunakan potongan kayu atau serpihan kayu sebagai alternatif bahan bakar selain biopelet limbah kayu dan TKKS.

Penggunaan potongan kayu ini juga bisa digunakan untuk membandingkan efisiensi penggunaan bahan bakar dengan biopelet. Potongan kayu biasanya berasal dari limbah industri kayu seperti sisa pembuatan pintu, meja, kursi, dan produk lainnya. Dengan memanfaatkan potongan kayu sebagai bahan bakar, limbah kayu yang sebelumnya dianggap sia-sia dapat dimanfaatkan dengan lebih bermanfaat.

2.5. Suhu

Suhu adalah ukuran dari seberapa panas atau dinginnya suatu benda. Definisi yang tepat dalam menentukan suhu adalah dengan mengukur kecepatan gerak partikel di dalam benda tersebut. Dalam kehidupan sehari-hari, masyarakat umumnya menggunakan indera peraba untuk mengukur suhu. Namun, di era globalisasi saat ini, pengukuran suhu dapat dilakukan dengan lebih mudah menggunakan sensor otomatis. Sensor DHT 22 banyak digunakan dalam dunia pertanian dalam pengukuran suhu dan kelembaban (Wardani *et al.*, 2023; Telaumbanua *et al.*, 2023). Dalam penelitian ini, digunakan sensor suhu berupa Thermocouple.

Pengukuran suhu pada kompor biomassa otomatis bertujuan untuk mencapai suhu optimal saat digunakan. Suhu api berhubungan langsung dengan kecepatan proses memasak dan kualitas hasil masakan, agar masakan matang secara merata tanpa hangus. Suhu ideal untuk memasak, seperti tumis, panggang, dan merebus air, biasanya berkisar antara 135°C hingga 150°C. Namun, setiap jenis masakan membutuhkan suhu yang berbeda, sehingga penting untuk mengatur suhu sesuai kebutuhan. Pada skala masakan besar atau jumlah masakan yang banyak, suhu api bisa ditingkatkan (Antonio, 2023). Dalam penelitian ini, pengukuran suhu

dilakukan mulai dari saat kompor dinyalakan hingga dimatikan. Pengaturan suhu dilakukan dengan menggunakan Fan Blower dan penutup ruang bakar untuk mencapai suhu optimal dalam proses memasak.

2.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler menurut Setia (2011) adalah IC (*Integrated Circuit*) yang memiliki kepadatan tinggi, dimana mikrokontroler bagiannya dirancang menjadi satu keping yang pada dasarnya terdiri dari CPU (*Central Process Unit*), RAM (*Random Access Memory*), *Timer*, dan *Interrupt Controller*. Menurut Saftari (2015), mikrokontroler merupakan suatu IC atau *chip* yang diprogram dengan menggunakan laptop atau komputer dan digunakan untuk robot maupun pabrik industri.

Mikrokontroler berbentuk *chip* IC yang digunakan untuk melaksanakan operasi atau tugas tertentu menggunakan program. Setelah program selesai dibuat, maka dari komputer diunggah ke mikrokontroler yang bertujuan agar mengoperasikan atau menggerakkan rangkaian elektronika, membaca *input* atau masukan, memproses masukan dan menghasilkan keluaran atau *output*. Mikrokontroler dapat menghasilkan *output* berupa sinyal, besaran tegangan, lampu, getaran, gerakan, suara dan sebagainya (Telaumbanua, 2021).

2.7. Arduino Uno

Arduino uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328 (*datasheet*). Arduino memiliki 14 pin *input* dari *output* digital dimana 6 pin *input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 pin *input* analog, 16 MHz Osilator Kristal, *jack*, kabel USB, ICSP *header*, dan tombol *reset*. Penggunaan mikrokontroler dapat dilakukan dengan cara menghubungkan papan arduino uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang terhubung ke adaptor DC atau baterai untuk menjalankannya.

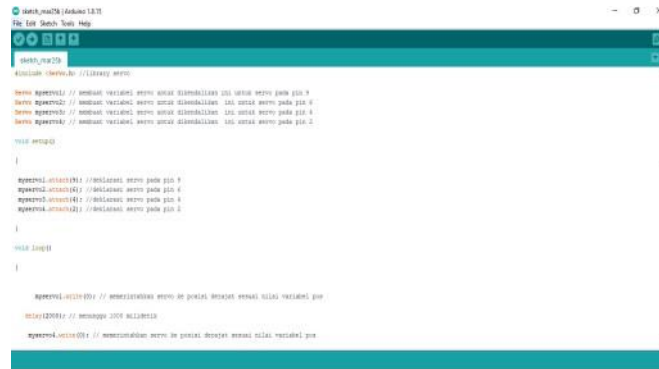


Gambar 4. Arduino Uno

Pada Gambar 4. diperlihatkan bentuk dari arduino uno yang biasa digunakan untuk mengendalikan berbagai komponen elektronika yang berfungsi untuk membantu memudahkan penggunaan dalam melakukan *prototyping*, memprogram mikrokontroler. Arduino uno dapat diaktifkan dengan cara mengkoneksikan USB namun bias juga dengan cara satu daya eksternal atau otomatis. Eksternal atau *non* USB mampu menghasilkan daya yang baik dari AC-ke adaptor DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan menancapkan *plug jack* dengan ukuran 2.1 mm *connector power*. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukan ke Gnd dan Vin *pin header* dari *connector power*. Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk papan arduino uno sebesar 7 sampai dengan 12 Volt. Jika diberikan daya kurang dari 7 Volt kemungkinan pin 5v uno dapat beroperasi, akan tetapi kurang stabil setelahnya jika diberikan daya lebih dari 12 Volt. Arduino uno memiliki beberapa fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, arduino lain, atau mikrokontroler lainnya (Kadir 2012).

2.8. Arduino IDE

Arduino disebut sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar alat pengembangan, akan tetapi adalah kombinasi dari *hardware*. Bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE). Terdapat banyak alat yang sudah dikembangkan menggunakan arduino oleh para professional dan akademisi , dan modul -modul (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya). IDE adalah software yang mampu berperan untuk penulisan program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* kedalam memori mikrokontroler (Feri Djuandi,2011).



Gambar 5. Arduino IDE

Gambar 5 adalah Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) yang merupakan *software open source* yang digunakan untuk memprogram *hardware* arduino. Arduino IDE memiliki fungsi sebagai teks yang diedit untuk membuat, mengedit, dan memvalidasi kode program yang ditentukan. Bahasa pemrograman Arduino IDE mirip dengan bahasa pemrograman C. Harapannya dengan menggunakan Arduino IDE ini dapat mempermudah para pemuka dalam melakukan pemrograman. Selain itu Arduino IDE juga dilengkapi dengan Library C/C++ dalam membuat operasi *input* dan *output* dengan lebih mudah (Anonim, 2016).

2.9. Screw Conveyor

Screw conveyor adalah salah satu perlengkapan produksi yang sangat penting dalam berbagai industri, termasuk industri garam di Indonesia. Alat ini memiliki ulir dan arah putaran yang searah jarum jam. Teknologi screw conveyor sangat dibutuhkan karena beberapa alasan utama. Alat ini meningkatkan homogenitas pencampuran. Dalam konteks industri garam, pencampuran garam dengan iodium harus homogen agar kualitas produk yang dihasilkan konsisten. Penggunaan screw conveyor memastikan bahwa campuran ini dapat tercapai dengan lebih baik dibandingkan metode manual. Penggunaan screw conveyor mengurangi beban kerja karyawan, karena dapat mengurangi kebutuhan tenaga kerja manual untuk proses pencampuran, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi kelelahan dan risiko cedera pada karyawan.

Pada penelitian (Rochman Winarso 2018) *Screw conveyor* digunakan untuk pencampuran garam yodium. *Screw feeder* digunakan pada kompor biomassa otomatis untuk membantu meringankan pekerjaan dalam hal penambahan bahan bakar. *Screw feeder* dibuat dengan skala yang lebih kecil dengan menyesuaikan kebutuhan. Dengan menjadikan penelitian pembuatan *screw conveyor* dapat diaplikasikan pada kompor biomassa otomatis dengan inovasi baru dalam sebuah riset. Cara kerja mesin ini sendiri yaitu input berupa biopellet, kemudian *screw* memutar searah jarum jam akan mendorong dan mentransfer bahan bakar sampai ke tungku kompor.

2.10. Mengisolasi Titik Api

Api merupakan hasil dari proses reaksi kimia yang disebut dengan oksidasi. Reaksi oksidasi merupakan proses dimana unsur oksigen bereaksi dengan unsur-unsur lainnya dan saling melepaskan elektron. Reaksi inilah yang akan menciptakan nyala api. Mengisolasi titik api adalah tindakan krusial dalam pengendalian api. Proses ini bertujuan untuk menghentikan penyebaran api lebih lanjut dengan membatasi area di mana api dapat berkembang.

2.11. Rujukan Penelitian

Rujukan penelitian digunakan untuk mendapatkan informasi serta ilmu yang berkaitan dengan penelitian. Berikut rujukan penelitian (penelitian terdahulu) yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rujukan Penelitian

No	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1.	Luqman R.Idji, dkk (2020)	Rancang Bangun Kompor Biomassa Berbahan Bakar Kayu	Dengan bahan bakar 2kg menghasilkan nyala efektif 19.8 menit dengan total oprating time sebesar 47 menit. Energi yang dihasilkan oleh tahapan pada pengujian 1 adalah power <i>input</i> dan <i>output</i> masing – masing

			sebesar 14.6 kW dan 1.37kW.
2.	Ali, M. (2023)	<i>Co-Firing</i> Batubara <i>Sub-Bituminous B</i> dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Tertorefaksi: Analisis Termogravimetri, Efisiensi Pembakaran, Emisi Dan Indeks Slagging	TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) mengalami peningkatan dalam <i>co-firing</i> telah menurunkan temperatur serta meningkatkan efisiensi pembakaran dan mereduksi SO ₂ dan NO _x . <i>Excess air</i> pembakaran <i>single firing</i> batubara dan <i>co-firing</i> dapat mengurangi emisi CO, SO ₂ dan NO _x .
3.	Putra, dkk. (2022)	Rancang Bangun Kompor Biomassa sebagai Kompor Ramah Lingkungan.	Kompor biomassa dapat mengurangi jejak karbon. Hal ini disebabkan karena kompor biomassa tidak banyak menghasilkan emisi karbon dibandingkan dengan bahan bakar fosil dan bersifat daur ulang.
4	Muhammad, dkk (2021).	Pengaruh Bukaannya Katup Penyuplai Udara Terhadap Performa Tungku Roket Berbahan Bakar Biomassa Cangkang Sawit	Hasil yang didapatkan dari uji pada pengaruh bukaan katup blower terhadap performa tungku roket ini dengan menggunakan bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit yaitu, 2 kg cangkang sawit pada bukaan penuh menghasilkan temperatur 237°C, sedangkan pada bukaan katup blower ½ menghasilkan temperatur 221°C, dan pada bukaan katup blower 1/3 menghasilkan temperatur 304°C.
5.	Hedi Santoso	Rancang Bangun	Rancangan kompor dibangun

	dan Heppi Iromo, 2018	Kompor Biomassa Berbahan Dasar Plat Besi dan Beton Dilengkapi Dengan Teknologi <i>Blower</i>	ddengan plat besi 2 mm dan dimensi 30 cm x 30 cm x 40 cm sehingga lebih banyak menampung bahan bakar serta menggunakan blower yang berasal dari kipas angin yang bertujuan membantu proses nyala api, pembakaran dan arah api. Dalam hal ini, kompor biomassa ini dapat digunakan untuk memasak dodol mencapai 5 jam.
6.	Lingga, E., K. 2021.	Rancang Bangun Kompor Biomassa Dengan Bahan Bakar Biopellet.	Nilai Efisiensi Termal kompor paling baik adalah dengan kombinasi bahan bakar 50/50% yang mempunyai efisiensi termal 60,10%,kemudian diikuti variasi 60/40% dengan efisiensi 49,94%,dan variasi 70/30% dengan kombinasi termal 48,31%. Waktu yang diperlukan dalam pendidihan air 2kg dengan bahan bakar 0,5kg adalah 505-642 <i>second</i> dengan lama pengoperasian kompor antara 1223-1806 <i>second</i> .
7.	Ivanto, dkk. 2021	Rancang Bangun Alat Pengering Akar Kayu Bajakah Dengan Memanfaatkan Tenaga Surya (<i>Solar Dryer</i>)Dan Kompor Biomassa	Hasil pengukuran kadar air menggunakan alat ukur kelembapan menunjukkan penurunan kadar air yaitu, dari percobaan pengeringan akar bajakah dinyatakan kering selama 9 jam dengan penurunan kadar air sebesar 52.7%dengan

			menggunakan kolektor, penurunan kadar air sebesar 35.6% selama 5 jam dengan menggunakan kompor biomassadan penurunan kadar air sebesar 49% selama 15 jam dengan dijemur secara langsung.
8.	Pambudi, dkk (2019)	Pengaruh Variasi Jumlah Lubang Udara Terhadap Efisiensi Kompor Biomassa	Hasil penelitian kompor biomassa ini diperoleh data waktu startup, lama waktu menyala dan efisiensi termal. Waktu yang dibutuhkan untuk penyalaan atau Startup adalah 5,52 menit untuk variasi 6 lubang, 5,41 menit untuk variasi 12 lubang dan 5,38 menit untuk variasi 18 lubang. Sedangkan waktu api menyala paling lama adalah 64,42 menit untuk variasi 6 lubang, kemudian waktu 57,52 menit untuk variasi 12 lubang dan 51,25 menit untuk variasi 18 lubang. Untuk efisiensi termal dengan presentase paling tinggi adalah 78% untuk variasi 18 lubang, 46% untuk variasi 12 lubang dan 21% untuk variasi 6 lubang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suplai udara yang kurang dalam proses pembakaran dapat menyebabkan nilai efisiensi termal rendah.
9.	Harimurti, D. T., dan	Analisis Pengaruh Pemberian Pengatur	Nilai titik suhu tertinggi pada kecepatan kipas 7000 RPM dengan

Harsono, S. S. (2021).	Tegangan Blower Pada Kompor Terhadap Efisiensi Pembakaran.	nilai 434 °C serta nilai titik suhu terendah pada kipas yaitu 1400 RPM dengan nilai 62 °C. Nilai lama mendidihkan air tercepat pada kipas yaitu 3500 RPM dengan waktu sebesar 0,100 jam dan pendidihan air terlama pada kipas sebelum 1400 RPM waktu sebesar 0,151 jam.
10. Hakim, H., & Kurniawan, I. (2016).	Eksperimental Variasi Kecepatan Putar <i>Screw Feeding</i> Dengan Kecepatan Putar Pisau Pengupas Terhadap Kualitas Hasil Pengupasan Pada Mesin Pengupas Kulit Pinang	Variasi kecepatan putaran antara <i>screw feeding</i> dan pisau pengupas untuk pengupasan yang optimal didapat pada kecepatan putaran 37 rpm pada <i>screw feeding</i> dan 800 rpm pada pisau pengupas, sedangkan kecepatan 27 rpm pada <i>screw feeding</i> dan 560 pada pisau pengupas tidak bisa mengupas buah pinang karena buah pinang terjepit diantara keduanya.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

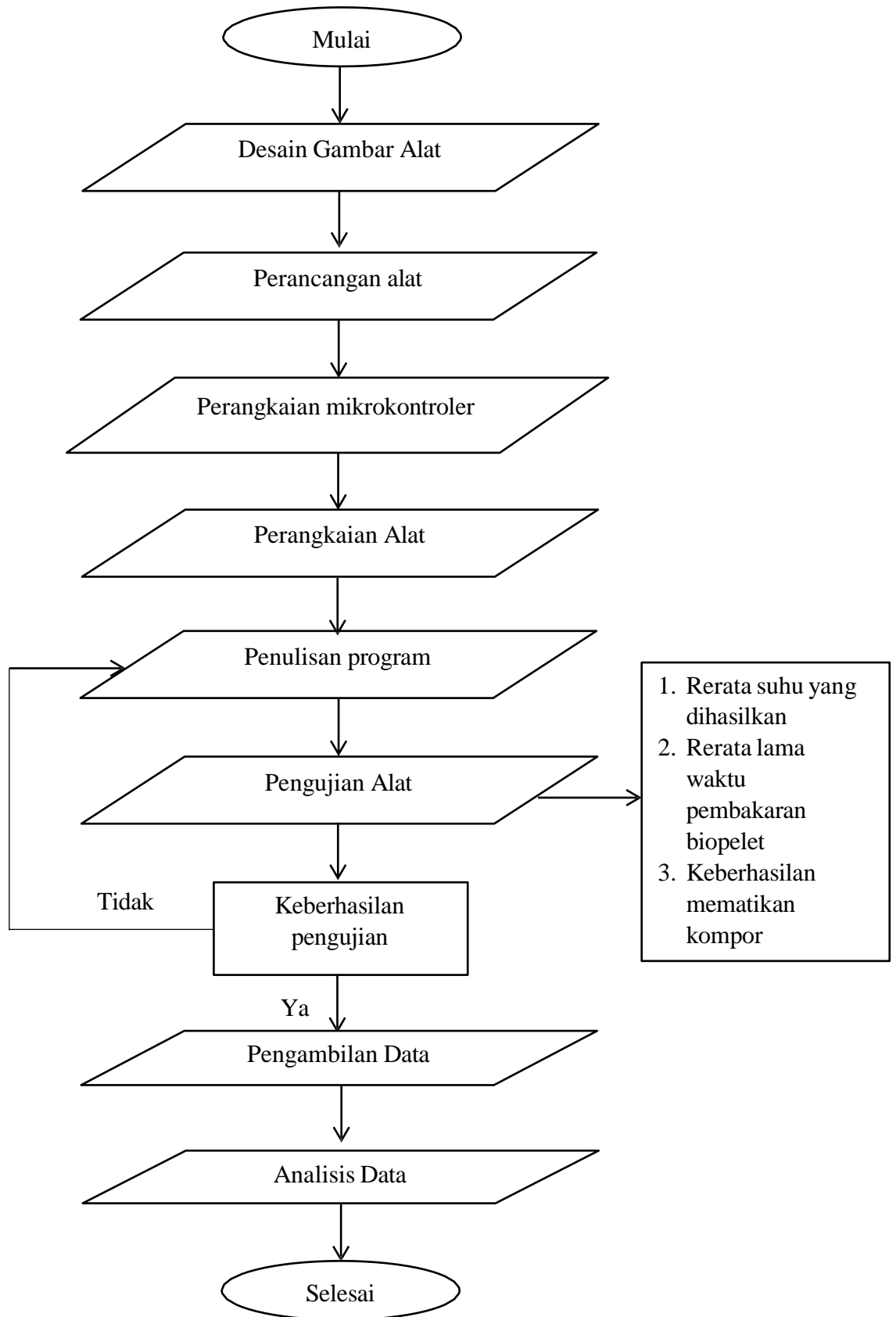
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2023 – 30 april 2024 di Laboratorium Daya Alat Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah laptop, alat tulis, seperangkat alat bengkel (alat las, gerinda, paku ripet, tang jepit atau potong), thermometer, dan timbangan. Bahan yang digunakan yaitu pelet, alumunium, plat besi, besi siku, sensor *Thermocouple* tipe K, motor dc 12 V, servo, *gear box*, arduino, RTC, MMC, *relay*, kabel jumper, *Fan Blower*, rantai, *screw*, *gear*, biopelet limbah kayu, biopelet TKKS (tandan kosong kelapa sawit), dan potongan kayu.

3.3. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu perancangan alat, perangkaian alat, uji kinerja alat, pengamatan alat dan analisis data. Berikut adalah diagram alur penelitian.



Gambar 6. Diagram Alur Metode Peneliti

3.1. Studi Literatur

Langkah pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu menggali informasi tentang perkembangan kompor biomassa melalui jurnal, blog dan penelitian sebelumnya. Informasi yang didapat meliputi rancang bangun kompor biomass

pembuatan biopelet dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan biopelet limbah kayu, perancangan *Screw feeder*, pemasangan *Fan Blower* pada kompor biomassa, mengisolasi titik api dapat menyebabkan api padam dan bahasa pemrograman arduino yang digunakan untuk mengatur sistem kendali otomatis. Langkah selanjutnya membuat *prototype* rancang bangun kompor biomassa otomatis menggunakan kardus bekas dan karton.

3.2. Kriteria Desain

Kompor otomatis ini dirancang untuk mempermudah pekerjaan dapur atau pengolahan hasil pertanian dengan menggunakan biopelet sebagai bahan bakar utamanya. Bahan utamanya adalah plat besi dan menggunakan komponen elektronik sebagai mikrokontrolernya. Alat ini dirancang dapat mengatur keluaran biopelet secara otomatis ke dalam kompor dengan menggunakan *screw feeder* yang dihubungkan dari wadah penampung bahan bakar ke kompor. *Screw* akan otomatis bergerak jika suhu kompor menurun sehingga mendorong bahan bakar ke dalam kompor untuk menambah bahan bakar, sehingga mempermudah penambahan bahan bakar.

Sebagai pengatur besar kecilnya api yang dihasilkan, kompor ini dilengkapi dengan penutup lempeng yang terletak di bagian tengahnya. Penutup ini dapat bergerak secara otomatis menggunakan dinamo. Saat penutup bergerak maju, intensitas api yang dihasilkan akan semakin kecil, dan sebaliknya, jika penutup bergerak mundur, intensitas api akan meningkat. Pergerakan lempeng ini terjadi secara bertahap untuk mengontrol suhu dengan presisi. Kompor ini juga dilengkapi dengan Thermocouple yang berfungsi untuk mendeteksi suhu. Ketika suhu kompor menurun karena berkurangnya bahan bakar pelet, Thermocouple akan memberi sinyal untuk mengatur pergerakan screw secara otomatis. Screw ini akan bergerak untuk mendorong bahan bakar pelet masuk ke dalam kompor, memastikan pasokan bahan bakar yang cukup untuk menjaga suhu tetap stabil

Penelitian ini menggunakan kompor biomassa dan auto feeder, serta komponen lainnya yang terletak dalam satu tempat, yaitu sebuah kerangka besi siku berukuran panjang 70 cm, tinggi 40 cm, dan lebar 40 cm. Kerangka tersebut

terbuat dari besi siku dengan ketebalan 2 mm. Penggunaan besi plat aluminium dipilih karena bahan tersebut tahan terhadap panas dan bara api yang tinggi. Dalam kerangka tersebut, terdapat tungku kompor biomassa dengan ukuran 17 cm x 14 cm x 25 cm. Selain itu, terdapat Hopper berbentuk kubus dengan ukuran diameter 16 cm dan tinggi 8 cm yang dihubungkan ke kompor biomassa menggunakan Screw feeder berbentuk pipa dengan diameter 6 cm dan panjang 25 cm + 15 cm yang dilengkapi dengan screw di dalamnya.

Komponen lainnya termasuk blower dengan ukuran 4 inci dan panjang pipa saluran udara 35 cm dengan diameter 2 cm. Di bawah auto feeder, diletakkan kotak kecil sebagai tempat mikrokontroler. Di dalam ruang tersebut, dipasang dinamo untuk memutar screw dan penutup kompor sebagai pengatur besar kecilnya api serta mematikan bara api. Thermocouple diletakkan di empat titik di dalam kompor, di luar kompor, dan di kotak sebagai sistem pemantauan suhu. Desain alat ini dapat dilihat pada Gambar 84 dan 85 yang terlampir.

3.3. Perancangan

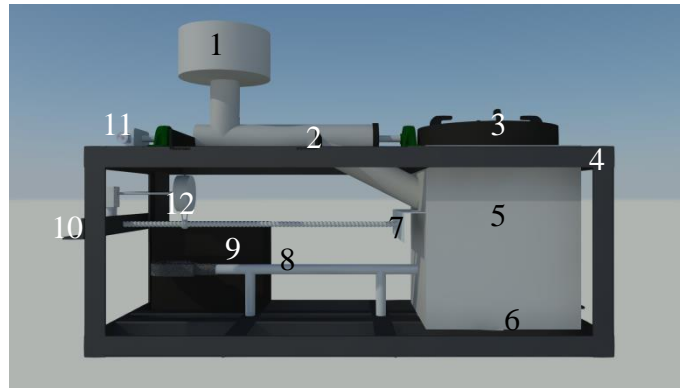
Perancangan pada penelitian ini meliputi pembuatan skematik rangkaian mikrokontroler, penulisan program arduino IDE, lalu pemasangan seluruh komponen ke mikrokontroler. Setelah pemasangan seluruh komponen ke mikrokontroler dilakukan pengecekan secara berulang agar tidak ada kesalahan. Langkah selanjutnya dilakukan penulisan program pada Arduino IDE. Pada penulisan pemrograman menggunakan bahasa pemrograman C pada aplikasi Arduino IDE.

Setelah program selesai ditulis maka dilakukan pengecekan program dengan cara melihat pada aplikasi Arduino IDE, jika terdapat peringatan setelah memverifikasi maka program tersebut terdapat kesalahan dalam penulisan. Namun jika tidak terdapat peringatan, maka program tersebut sudah berhasil lalu siap untuk digunakan dan di *upload* ke mikrokontroler. Walaupun pemrograman sudah berhasil namun perlu dilakukan pengecekan terhadap komponen apakah pergerakannya sudah sesuai dengan yang ditentukan dan apakah sudah sesuai dengan program penulisan pada Arduino IDE.

3.3.1. Rancangan Struktural

Perancangan ini melibatkan beberapa tahapan, dimulai dari pembuatan kerangka tempat untuk kompor biomassa dan auto feeder, pembuatan tungku kompor biomassa, pembuatan Hopper beserta auto feeder, hingga peletakan mikrokontroler di sudut kotak. Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan kompor biomassa adalah besi plat alumunium dengan ketebalan 2 mm. Tahapan pertama adalah pembuatan kerangka dari besi siku dengan ukuran 40 cm x 70 cm x 40 cm. Kemudian, dilakukan pembuatan tungku dari pemanfaatan barang bekas makanan kaleng dengan ukuran 17 cm x 14 cm x 25 cm. Setelah itu, dilakukan pembuatan Hopper dengan ukuran diameter 16 cm dengan tinggi 8 cm.. Pipa screw yang terhubung ke kompor biomassa memiliki diameter 6 cm dengan panjang 28 cm + 15 cm. Di bawah pipa screw pada kompor, dibuat lubang dengan diameter 2 cm untuk dipasangnya blower berukuran 4 inci. Pada blower juga menggunakan pipa dengan panjang 35 cm yang terhubung ke tungku kompor. Tahapan-tahapan ini memastikan pembuatan komponen-komponen yang diperlukan dengan presisi untuk mencapai kinerja optimal dari alat ini.

Mikrokontroler yang digunakan yaitu 2 dinamo 12v, 4 *Thermocouple*, *relay*, *modul* L298N, 2 arduino uno dan LCD. Masing – masing mirkokontroler tersebut dirakit di dalam kotak, dimana dinamo 1 dipasangkan sebagai penggerak *screw* dan satu lagi dipasangkan sebagai penggerak penutup kompor biomassa. Pada kompor dipasangkan 4 buah thermokopel, 2 di bagian atas tungku dan 2 dibagian bawah tungku. Pengendalian alat ini akan menggunakan aplikasi pemrograman yaitu arduino IDE. Rancangan desain gambar pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 7. Bagian-Bagian Alat

Keterangan:

1. *Hopper*
2. *Screw feeder*
3. Dudukan alat masak
4. Kerangka
5. Tungku kompor biomassa
6. Penampung abu
7. Penutup ruang bakar
8. Fan blower
9. Kotak mikrokontroler
10. Dinamo 1 (penggerak penutup ruang bakar)
11. Dinamo 2 (Penggerak *screw feeder*)
12. Instalasi penutup ruang bakar

3.3.2. Rancangan Fungsional

Perancangan kompor biomassa otomatis ini berfungsi untuk mempermudah proses penambahan bahan bakar pada kompor dan mematikan bara api dengan lebih mudah. Mikrokontroler mengatur secara otomatis gerak dari *screw*, penutup kompor, dan mendeteksi suhu menggunakan *Thermocouple*. Berikut ini adalah bagian dan fungsi dari alat – alat yang digunakan pada rancang bangun kompor biomassa.

a) Dinamo

Dinamo merupakan suatu perangkat yang mengubah energi listrik menjadi energi kinetik atau gerakan (*motion*). Dinamo atau motor dc juga sering disebut dengan motor arus searah. DC motor memiliki dua terminal dan membutuhkan tegangan arus searah atau DC (*direct current*) untuk dapat menggerakkannya (Putri Adisty dkk, 2021). Dinamo ini biasanya digunakan pada perangkat-perangkat elektronik dan listrik yang menggunakan sumber listrik DC seperti kipas DC dan bor listrik DC. Pada penelitian ini dinamo atau motor DC digunakan untuk menggerakkan *screw* pada *auto feeder* yang sudah dirancang. Dinamo motor dc kit 775 memiliki spesifikasi yaitu 12 volt, *power* maksimal 100 w, arus tanpa beban 1.2A, Kecepatan 12000 RPM, diameter As 5mm, dan berat 350 gram. Gambar 8 menunjukkan bentuk dari dinamo motor dc kit 775.



Gambar 8. Dinamo DC 12V

b) Blower

Menurut (Rindiani dkk, 2021) blower pada kompor biomassa merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan dan memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dihembuskan kedalam ruang bakar, juga sebagai penghisap atau pemvakuman udara atau gas tertentu. Blower juga digunakan untuk mensirkulasi gas didalam suatu ruangan, selain itu *blower* juga merupakan mesin yang memaparkan udara atau gas oleh gaya sentrifugal ketekanan akhir yang lebih dari 40 psig. Berikut ini adalah bentuk dari blower ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Blower

c) *Thermocouple*

Thermocouple adalah sebuah alat sensor suhu yang mengubah perbedaan suhu ke perubahan tegangan, yang di sebabkan karena perbedaan kerapatan dengan masing-masing logam pada masa jenis logam (Wendri, dkk 2012). *Thermocouple* adalah sensor temperatur yang dapat mengatur suhu dengan nilai yang tinggi sehingga memiliki kegunaan dalam dunia industri (Effendeik, 2014). Sensor suhu *Thermocouple* mempunyai nilai *output* yang cenderung kecil dengan *noise* yang tinggi, sehingga membutuhkan rangkaian pengatur sinyal supaya nilai *output* dapat terbaca dengan baik, maka dari itu pada penelitian kali ini menggunakan pengatur suhu *Thermocouple* agar tahan terhadap bara api yang sangat panas di dalam kompor.



Gambar 10. *Thermocouple*

Pada Gambar 10 adalah bentuk dari *Thermocouple* tipe K (Campuran Crome/Alumel). Pada penelitian kali ini menggunakan sensor ini karena banyak digunakan, harganya yang murah dan jangkauannya cukup luas yaitu dari -200°C sampai $+1200^{\circ}\text{C}$ sehingga sensor ini cocok digunakan untuk kompor biomassa.

3.4. Parameter Pengamatan

Pada penelitian ini sebagai parameter pengamatan dilakukan pengujian Laju pembakaran, uji penambahan bahan bakar, dan uji ketebalan asap untuk mendapatkan data dan fakta yang terjadi di lapangan.

3.4.1. Uji Laju Pembakaran

Menghitung lama waktu pembakaran bara biopellet dilakukan dengan cara mengukur lama waktu dari awal biopellet terbakar sampai menjadi abu. Laju pembakaran diukur dengan menghitung rasio antara massa pellet yang terbakar dengan waktu pembakaran. Dalam penelitian ini menggunakan 3 jenis biopellet yaitu biopellet limbah kayu, TKKS, dan potongan kayu. Pada setiap bahan bakar telah dilakukan pengukuran rata-rata berat satuan dan ukuran setiap bahan bakar. Rata-rata nilai satuan biopellet limbah kayu berbentuk silinder dengan panjang 4,6 cm dan diameter 0,9 cm dengan bobot sebesar 3 gram. Rata-rata nilai satuan biopellet TKKS berbentuk silinder dengan panjang 4,3 cm dan diameter 1 cm dengan bobot sebesar 3 gram. Namun pada potongan kayu hanya diukur rata-rata berat satuannya sebesar 2 gram karena bentuknya yang tidak beraturan. Pengaruh laju pembakaran oleh kecepatan aliran udara dari *Fan Blower* serta perubahan suhu saat pembakaran. Lama waktu pembakaran pellet juga dipengaruhi oleh suhu dimana semakin tinggi suhu pembakaran maka waktu yang diperlukan lebih sedikit. Laju pembakaran dari biopellet dapat dihitung dari persamaan:

$$LP (g) = \frac{\text{massa bahan terbakar (g)}}{\text{waktu pembakaran (s)}} \dots\dots\dots (1)$$

Pengamatan ini dilakukan secara berulang sebanyak 4 kali percobaan pada ketiga bahan bakar dengan masing-masing 10 menit. Setiap percobaan dilakukan juga penambahan bahan bakar pada biopellet limbahkayu sebanyak 10 butir (4g), 20 butir (8g) dan 30 butir (12g), begitu juga untuk bahan bakar biopellet TKKS dan potongan kayu. Kemudian dicatat waktunya lalu diamati perubahan nilai bobot setiap menitnya pada ketiga bahan.

3.4.2. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar mengacu pada total jumlah bahan bakar yang digunakan atau dibutuhkan kompor biomassa selama periode tertentu. Konsumsi bahan bakar dinyatakan dalam total jumlah bahan bakar yang terpakai per menit. Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan selama 40 menit dan 60 menit pada biopelet limbah kayu, TKKS dan potongan kayu. Dengan menggunakan data yang dihasilkan dari uji laju pembakaran, dapat dihitung rata-rata konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan selama 40 menit dan 60 menit. Dari hasil pengujian laju pembakaran perhitungan rata-rata konsumsi bahan bakar sebagai berikut:

$$\text{Konsumsi bahan bakar} = (K \text{ limbah kayu} + K \text{ TKKS} + K \text{ potongan kayu}) / 3 = \dots \frac{g}{s}$$

Konsumsi bahan bakar pada kompor biomassa mengacu pada jumlah bahan bakar yang digunakan oleh kompor tersebut selama periode waktu tertentu untuk menghasilkan panas. Bahan bakar biomassa ini berupa biopelet limbah kayu, TKKS (tandan kosong kelapa sawit), dan potongan kayu.

Faktor-faktor yang memengaruhi konsumsi bahan bakar pada kompor biomassa meliputi:

1. Efisiensi Kompor: Kompor yang lebih efisien akan menggunakan lebih sedikit bahan bakar untuk menghasilkan jumlah panas yang sama.
2. Jenis Bahan Bakar: Bahan bakar yang memiliki densitas energi lebih tinggi (seperti biopelet kayu) biasanya lebih hemat dibandingkan bahan bakar yang memiliki densitas energi lebih rendah (seperti TKKS).
3. Kondisi Bahan Bakar: Bahan bakar yang kering biasanya terbakar lebih efisien dibandingkan bahan bakar yang lembab.
4. Desain dan Pengaturan Kompor: Ventilasi (penutup ruang bakar), sistem pembakaran, dan ukuran ruang pembakaran juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar.

Semakin efisien sebuah kompor, semakin rendah konsumsi bahan bakarnya untuk menghasilkan panas yang sama, sehingga lebih hemat dan ramah lingkungan.

3.4.3. Uji Penambahan Bahan Bakar

Pengujian penambahan bahan bakar dilakukan untuk mengetahui berapa suhu yang dihasilkan setiap gram penambahan biopellet. Manfaat dari uji penambahan bahan bakar adalah untuk mengetahui banyaknya bahan bakar yang diperlukan oleh pengguna untuk mengoperasikan alat. Perhitungan kenaikan suhu diukur berdasarkan perubahan suhu pada layar monitor LCD yang terintegrasi dengan *thermocouple* dan thermometer. Metode pengujian penambahan bahan bakar dilakukan ± 20 menit dan diamati setiap 10 menit. Selama pengujian bahan bakar ditambah sebanyak dua kali yaitu pada 10 sampai 20 menit, dengan masing-masing penambahan bertahap sebanyak 15 g dan 25 g bahan bakar. Data pengamatan ini dicatat dalam excel berbentuk tabel dan disajikan menggunakan grafik.

3.4.4. Suhu Bagian Kompor

Pengukuran suhu tiap bagian kompor dilakukan untuk membantu dalam penggunaan kompor biomassa. Dengan mengukur suhu setiap bagian kompor maka pengguna dapat mengetahui bagian yang tidak boleh tersentuh langsung dan mengetahui penggunaan kompor dengan jarak tertentu. Pengujian suhu setiap bagian kompor dilakukan selama 10 menit yaitu pada bagian atas kompor, bagian bawah kompor dan pada bagian pipa screw yang terhubung langsung dengan tungku kompor. Pengujian ini dilakukan dengan menyalakan kompor kemudian sensor suhu *thermocouple* diletakkan di setiap bagian yang ditentukan dan diamati perubahan suhunya.

3.4.5. Uji Ketebalan Asap

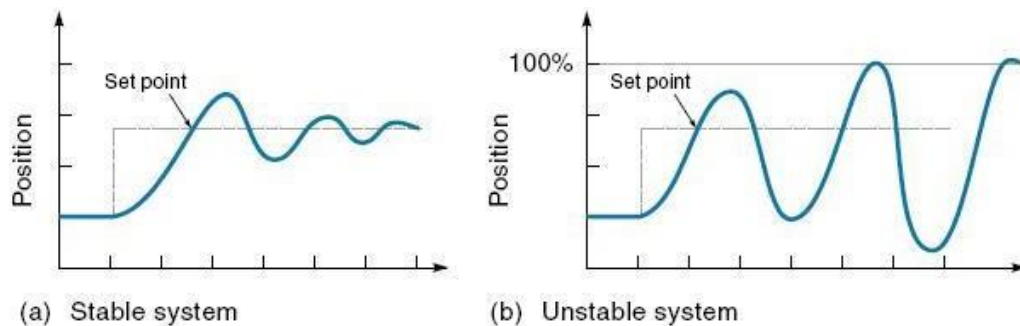
Pengujian ketebalan asap dilakukan untuk mengetahui tingkat emisi yang dihasilkan dari ketiga bahan bakar yaitu biopellet limbah kayu, biopellet tkks, dan potongan kayu. Pengukuran ketebalan asap bertujuan untuk mengetahui tebalnya asap yang dihasilkan dari pembakaran ketiga bahan bakar. Pengukuran ketebalan asap diukur dengan membandingkan ketiga bahan melalui visual dan foto setelah pembakaran dilakukan selama 12 menit. Setelah dibandingkan maka disimpulkan bahan bakar yang efisien dan paling layak digunakan.

3.5. Uji Kinerja Alat

Pengujian kinerja alat dilakukan pada kompor otomatis untuk mengetahui apakah perancangan dan perakitan alat sudah sesuai. Pengujian dilakukan dengan beberapa parameter yaitu dengan cara uji kestabilan alat, respon sistem, akurasi dan kecepatan eksekusi.

3.5.1. Uji Stabilitas

Kestabilan sebuah alat dalam pengujian kinerja adalah hal yang sangat penting dalam pembacaan perintah yang dibuat, apakah kinerja alat berubah ubah atau tidak. Sistem yang stabil adalah variabel yang dikendalikan selalu berada ataupun mendekati nilai *setting poin*. Sistem kendali tidak stabil adalah suatu sistem yang karena kondisi tertentu menyebabkan variabel yang dikendalikan bergeser dari nilai *set point* atau berubah menjadi proses osilasi yang semakin membesar sehingga membuat sistem mencapai keadaan jenuh



(Sumber: Anonim, 2020)

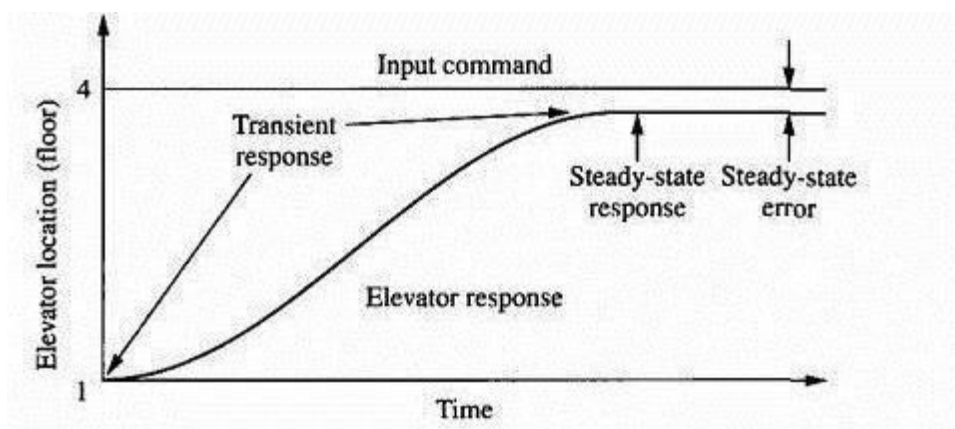
Gambar 11. Grafik Sistem Stabil dan Tidak Stabil

Gambar 11. menunjukkan respon dari sistem yang stabil dan sistem yang tidak stabil. Kestabilan sangat penting dalam penelitian ini karena jika pelet yang di dorong oleh *screw* masuk kedalam kompor tidak stabil dapat menimbulkan kelebihan bahan bakar sehingga pembakaran pada kompor kurang efisien. Selain itu, jika kinerja alat stabil maka pembakaran yang terjadi pada pelet teratur sehingga pembakaran menjadi lebih baik.

3.5.2. Respon Sistem

Respon sistem adalah bentuk dari perubahan suatu *output* sinyal terhadap perubahan dari sinyal *input*. Pada umumnya yang menjadi dasar untuk menganalisa karakteristik pada suatu sistem selain menggunakan sebuah persamaan matematika yaitu dapat digambarkan dalam bentuk kurva karakteristik bentuk dari respon sistem Sepriawan (2018).

Menurut Prasetyo (2017) pada penelitiannya menyatakan bahwa respon sistem dapat menampilkan bagaimana kecepatan dari kinerja alat apabila terjadi suatu gangguan dan waktu. Umumnya respon sistem dibedakan menjadi dua yaitu respon *transient* dan respon *steady state*. Respon sistem *transient* adalah sistem saat pertama kali digunakan dari titik 0 hingga mencapai keadaan *steady state* dan pada saat mengukur waktu. Respon dari keadaan *steady state* adalah sistem sudah berada dalam keadaan stabil hingga waktu yang tidak ditentukan pada saat mengukur waktu. Berikut gambar 12. Grafik respon sistem.



Gambar 12. Grafik Respon Sistem

(Sumber: Brainkart, 2017)

Pengujian respon sistem pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa uji, yaitu lama waktu menurunkan suhu kompor sampai benar-benar mati setelah *Fan Blower* dikurangi kecepatannya dan penutup digeser perlahan setiap centi meternya. Setelah respon sistem berjalan berikutnya adalah dilakukan

pengambilan data perubahan suhu yang terjadi setiap pengurangan kecepatan *Fan Blower* dan pergeseran penutup yang digunakan pada penelitian ini.

3.5.3. Akurasi Suhu

Pada pengujian nilai akurasi data dilakukan dengan mengambil perbandingan nilai dari pengukuran suhu manual menggunakan thermometer dengan nilai yang muncul dari aplikasi arduino yang diukur menggunakan *Thermocouple*. Nilai akurasi menunjukkan ketepatan kinerja suatu alat ketika mencapai suatu batasan *setting point* yang telah ditentukan. Pada tahap ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya nilai yang ditampilkan pada kedua data tersebut.

Nilai akurasi mengindikasikan ketepatan kinerja suatu perangkat saat mencapai suatu batasan atau titik set yang telah ditetapkan. Titik set digunakan untuk mengatur suhu sesuai keinginan. Pendekatan ini dapat digunakan untuk mengetahui persentase akurasi dari sensor hingga aktuator. Keakuratan pengendalian dilakukan untuk mengamati serta mengetahui seberapa tepat perangkat dalam mengendalikan suhu yang diinginkan. Pada pengukuran akurasi suhu ini dilakukan dengan memasukkan nilai *setting point* pada aplikasi arduino uno dan mencatat suhu yang dihasilkan dari sensor dan kalibrator dalam bentuk table sehingga dapat dilihat perbedaan dan keakuratan datanya. Setelah didapatkan perbedaan dari nilai yang muncul kemudian dihitung menggunakan perhitungan akurasi suhu dengan rumus. RMSE (*Root Mean Square Error*) jika hasil yang didapatkan kecil atau mendekati nol maka nilai tersebut dikatakan akurat. Persamaan tersebut dapat dilihat pada persamaan (2).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (X-F)^2}{n}} \dots \dots \dots (2)$$

x = nilai yang tampil pada interface 1

y = nilai yang tampil pada interface 2

n = jumlah data

Penelitian ini mengujikan tingkat keakuratan pada suhu yang dilakukan sebanyak empat kali pada *setting point* 100 °C, 200 °C, 300 °C, dan 400 °C. Setiap *setting point* dilakukan pengujian selama lima belas menit. Perhitungan nilai *error* dilakukan dengan mengurangkan nilai yang terbaca pada sensor *thermocouple*, kemudian dirata-ratakan. Proses untuk mendapatkan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dilakukan dengan mengkuadratkan hasil rata-rata *error* yang didapatkan, kemudian dibagi dengan jumlah data pengujian, dan akhirnya diambil. Proses perhitungan RMSE diterapkan menggunakan aplikasi Microsoft Excel.

3.5.4. Kecepatan Eksekusi

Kecepatan eksekusi merupakan seberapa cepat alat merespon *input* yang diberikan oleh pengguna melalui program. Pada penelitian ini pengujian kecepatan eksekusi mengacu pada kecepatan putar *fan blower*. Kecepatan eksekusi dapat diukur dengan mengamati lama waktu yang diperlukan *fan blower* untuk menaikkan dan menurunkan suhu api didalam kompor. Semakin cepat suhu naik atau turun, maka semakin tinggi kecepatan eksekusinya.

3.5.5. Keberhasilan Mematikan Kompor

Pengujian keberhasilan mematikan kompor merupakan proses evaluasi yang dilakukan pada komponen penutup ruang bakar yang telah dirancang untuk mematikan dan mengatur besar kecilnya api ruang bakar sesuai kebutuhan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa bara api di dalam kompor telah benar-benar padam setelah penutup ruang bakar ditutup. Parameter keberhasilan pengujian ini diukur melalui penurunan suhu panci dan suhu tungku kompor setelah penutup ruang bakar ditutup secara rapat. Pengamatan suhu tungku dilakukan dengan menguji 4 tingkatan penutup rang bakar yaitu, 25%, 50%, 75% dan 100% ruang bakar full tertutup. Proses pengujian dimulai dengan memasukkan bahan bakar ke dalam ruang bakar dan menyalakannya. Setelah bahan bakar terbakar, suhu dinaikkan hingga mencapai tingkat yang ditentukan. Selanjutnya, saat suhu mencapai target yang diinginkan, penutup ruang bakar ditutup rapat dan proses penurunan suhu diamati secara teliti.

3.5.6. Efisiensi Bahan Bakar

Efisiensi bahan bakar dalam proses pembakaran seringkali diidentifikasi berdasarkan warna api yang dihasilkan. Warna api menjadi indikator yang penting untuk mengetahui sejauh mana bahan bakar terbakar dengan sempurna, yang juga berkaitan langsung dengan efisiensi energi yang dihasilkan. Api yang berwarna biru umumnya dianggap sebagai indikator pembakaran yang paling efisien. Warna biru menunjukkan bahwa bahan bakar terbakar secara sempurna, dengan suplai oksigen yang cukup dan sedikit sisa bahan yang terbuang. Pembakaran ini menghasilkan panas maksimal dan emisi yang lebih sedikit, seperti karbon dioksida (CO_2), dibandingkan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO). Sebaliknya, api berwarna merah atau kuning menandakan pembakaran yang kurang sempurna. Warna api ini muncul ketika bahan bakar tidak mendapatkan oksigen yang cukup, sehingga beberapa komponen bahan bakar tidak terbakar sepenuhnya. Hal ini menghasilkan panas yang lebih rendah dan meningkatkan produksi emisi berbahaya, seperti karbon monoksida atau jelaga. Pada api berwarna kuning atau oranye, biasanya terdapat partikel kecil bahan bakar yang terbakar tidak sempurna dan bercampur dengan udara di sekitar, menandakan efisiensi pembakaran yang rendah.

Dalam konteks biopellet atau bahan bakar biomassa lainnya, warna api yang cenderung merah atau kuning menunjukkan bahwa proses pembakaran masih belum efisien. Oleh karena itu, untuk mencapai efisiensi bahan bakar yang maksimal, diperlukan penyesuaian baik dari segi desain alat pembakaran maupun kontrol terhadap suplai oksigen yang masuk, agar proses pembakaran mendekati kondisi sempurna dengan warna api biru. Dengan demikian, warna api biru menjadi standar yang menandakan pembakaran sempurna dan efisiensi bahan bakar yang tinggi, sedangkan warna api merah, kuning, atau oranye mengindikasikan pembakaran yang kurang sempurna dan efisiensi energi yang lebih rendah.

3.5.7. Fitur Penting Kompor

Dalam penelitian mengenai rancang bangun kompor biomassa otomatis, dilakukan analisis perbandingan beberapa fitur penting antara kompor biomassa yang telah dirancang dengan kompor gas dan kompor listrik. Tujuan dari perbandingan ini adalah untuk memahami kelebihan dan kekurangan masing-masing jenis kompor berdasarkan beberapa parameter utama. Salah satu parameter yang dibandingkan adalah efisiensi energi, di mana kompor biomassa dinilai dari efisiensi pembakaran bahan bakarnya, kompor gas dinilai dari efisiensi penggunaan gas elpiji, dan kompor listrik diukur berdasarkan konsumsi listriknya dalam proses pemanasan. Selain itu, parameter waktu pemanasan juga menjadi aspek penting dalam perbandingan ini. Kompor biomassa dievaluasi berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu masak optimal, sementara kompor gas dinilai dari seberapa cepat dapat mendidihkan air atau memasak makanan, dan kompor listrik diukur berdasarkan kecepatan mencapai suhu panas yang diinginkan.

Selain itu, biaya operasional juga diperhitungkan dalam analisis ini, di mana kompor biomassa dihitung berdasarkan harga bahan bakar biomassa yang digunakan, kompor gas dari harga gas elpiji yang dikonsumsi, dan kompor listrik dinilai dari konsumsi energi listrik yang memengaruhi biaya pemakaian. Aspek keamanan juga menjadi pertimbangan penting dalam membandingkan ketiga jenis kompor ini. Kompor biomassa dinilai dari risiko kebakaran atau gas berbahaya yang dihasilkan, kompor gas dari potensi kebocoran gas, sementara kompor listrik dilihat dari kemungkinan bahaya sengatan listrik atau overheat. Terakhir, dampak lingkungan menjadi parameter yang tak kalah penting, mengingat penggunaan bahan bakar fosil pada kompor gas atau konsumsi energi listrik yang bersumber dari bahan bakar tak terbarukan memiliki potensi menghasilkan emisi karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan kompor biomassa yang lebih ramah lingkungan apabila menggunakan bahan baku organik yang terbarukan.

Secara keseluruhan, analisis perbandingan ini memberikan pandangan menyeluruh mengenai kinerja, efisiensi, keamanan, biaya, dan dampak lingkungan dari kompor biomassa dibandingkan dengan kompor gas dan listrik,

sehingga dapat membantu memahami posisi dan potensi kompor biomassa dalam memenuhi kebutuhan energi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan.

3.6. Analisis Data

Pada penelitian ini data pengukuran rata-rata suhu yang dihasilkan dan lama waktu pembakaran pelet akan disimpan dan dimuat kedalam *data base*. Hasil data tersebut ditulis pada dalam tabel untuk mengetahui perbandingan setiap besar nilainya dan apakah alat yang dirancang sudah sesuai dengan *setting point*.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dihasilkan rancangan bangun alat memasak dan pengolahan hasil pertanian kompor biomassa otomatis menghidupkan dan mematikan berbasis mikrokontroler yang memenuhi kriteria desain yaitu: dapat menambah bahan bakar secara otomatis menggunakan *screw feeder* untuk menaikkan suhu dan penambahan penutup ruang bakar untuk menurunkan hingga mematikan.
2. Hasil dari pengujian laju pembakaran, kenaikan suhu setelah penambahan bahan bakar, dan ketebalan asap dari ketiga bahan biopelet adalah sebagai berikut:
 - a. Dari perbandingan ketiga bahan tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan nilai laju pembakaran dimana bahan dengan nilai laju pembakaran tertinggi adalah potongan kayu lalu bahan dengan nilai terendah adalah biopelet limbah kayu, sedangkan biopelet TKKS memiliki nilai laju pembakaran lebih besar dibandingkan dengan limbah kayu dan lebih rendah dibandingkan potongan kayu.
 - b. Konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan kompor biomassa untuk memasak dalam waktu yang cukup lama membutuhkan bahan bakar sebanyak 867,6 $\frac{g}{s}$ jika digunakan selama 60 menit. Jika dibandingkan dengan konsumsi bahan bakar pada kompor gas kompor biomassa terbilang lebih irit bahan bakar dikarenakan harga biopelet hanya Rp 1.300/kg dibandingkan dengan tabung gas yang harganya Rp 202.000/12 kg.
 - c. Hasil uji kenaikan suhu pada saat penambahan bahan bakar dengan variasi 4 g dan 8 g dapat disimpulkan bahwa suhu meningkat secara

bertahap selama tahap awal pembakaran seiring dengan penyebaran api yang lebih merata di seluruh bahan bakar.

- d. Dari pengujian suhu pada bagian kompor dapat disimpulkan bahwa penggunaan kompor biomassa aman digunakan karena sudah di uji pada bagian yang mungkin dapat tersentuh secara langsung aman dan tidak menghasilkan panas yang dapat membahayakan pengguna.
 - e. Pengujian ketebalan asap pada ketiga bahan bakar TKKS (tandan kosong kelapa sawit), biopellet limbah kayu, dan potongan kayu dapat disimpulkan bahwa biopellet limbah kayu paling ramah lingkungan dan mudah dalam penggunaannya.
3. Hasil dari pengujian stabilitas, respon sistem, akurasi suhu, kecepatan eksekusi, dan keberhasilan mematikan kompor sebagai berikut:
- a. Pengujian stabilitas motor listrik DC 12v dapat menarik beban penutup ruang bakar selama 20 detik pada saat membuka dan menutup, dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa motor listrik mampu bekerja dengan baik dalam menjalankan penutup ruang bakar akan tetapi waktu yang dihasilkan masih relatif lama.
 - b. Hasil rerata respon sistem untuk motor listrik penutup ruang bakar saat terbuka dan tertutup yaitu 0.7 cm setiap detiknya yang artinya respon sistem dalam menggerakkan penutup ruang bakar cukup baik.
 - c. Pada pengujian akurasi suhu kompor biomassa mampu menjalankan perintah sesuai dengan seting point yang ditentukan, pada seting point 100°C jika suhu berada dibawah seting point maka penutup ruang bakar akan terbuka, begitupun sebaliknya, jika suhu melebihi batas seting point maka ruang bakar akan tertutup secara otomatis.
 - d. Hasil uji kecepatan eksekusi alat 1 sampai 4 diperoleh rata – rata 8,4 menit sehingga dapat disimpulkan. Hasil dari ujicoba kecepatan eksekusi ini dapat disimpulkan bahwa kompor biomassa otomatis kurang maksimal dalam melakukan proses menaikkan suhu, dikarenakan kompor biomassa masih membutuhkan waktu yang cukup lama dalam menaikkan suhu.

- e. Hasil pengujian keberhasilan menurunkan suhu didalam panci setelah ruang bakar ditutup mampu menurunkan suhu sebesar 239,5°C. hasil pengujian ini memberikan dukungan untuk penggunaan penutup ruang bakar pada kompor biomassa untuk mengatur suhu sesuai kebutuhan.
4. Berdasarkan penelitian ini, kompor biomassa yang dirancang dengan menambah penutup ruang bakar dan *fan blower* sebagai alat kendali dalam mengatur besar kecilnya bara api mampu bekerja dengan baik. Apabila dilihat dari hasil uji kinerja alat rancang bangun kompor biomassa ini mampu mempermudah dalam kegiatan rumah tangga, akan tetapi rancang bangun alat ini masih terdapat kekurangan dan harus banyak diperbaiki dan dikembangkan agar mampu menunjang kebutuhan kususnya dalam hal memasak.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan sebagai berikut:

1. Bahan yang digunakan untuk membuat kompor biomassa menggunakan bahan yang lebih ringan dan lebih bagus.
2. Pada fitur penyalaan sebaiknya ditambah untuk mengatur kecepatan hembusan angin *fan blower* dan untuk menghasilkan api yang labih bagus atau berwarna biru.
3. Perancangan sistem kendali otomatis dibuat lebih rapih dan menggunakan tempat yang tahan agar komponen terlindungi.
4. Memaksimalkan alat kendali otomatis dalam mematikan bara api dan mangatur suhu ruang bakar.
5. Pada awal pembakaran tidak merata sehingga nyala api pada saat awal menggunakan kompor kurang efektif, makadari itu perlu dikembangkan lagi tehnologi penyalaan kompor biomassa.
6. Kompor biomassa otomatis ini direkomendasikan untuk pengolahan hasil pertanian yang dalam penggunaannya membutuhkan waktu yang lama, karena kompor biomassa ini mampu digunakan dalam waktu lebih dari 40 menit. Namun kompor biomassa belum mampu dan tidak

direkomendasikan dalam penggunaan rumah tangga karena masih menimbulkan sedikit asap dari hasil pembakaran.

7. Penggunaan kompor dalam rumah tangga atau dapur disarankan menggunakan corong untuk buangan asap atau *exhaust fan*

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Kadir. 2012. Panduan Praktis Mempelajari Aplikasi Mikrokontroler dan Pemrogramannya Menggunakan Arduino. Yogyakarta: Andi offset.
- Admojo, L., and Setyawan, B. 2018. Potensi Pemanfaatan Lognoselulosa dari Biomassa Kayu (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). *Warta* 37(1): 39–50.
- Akbar, Kurnia Ardiansyah. 2020. Bahaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja Penggunaan Kompor gas. *Jurnal Kesehatan*. Vol. 3. No. 4. Hal 354 – 361.
- Ali, M. 2023. Co-Firing Batubara Sub-Bituminous B Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Tertorefaksi: Analisis Termogravimetri, Efisiensi Pembakaran, Emisi Dan Indeks Slagging. (Thesis). Universitas Lampung.
- Alfian, Z. 2018. Adopsi Teknologi Kompor Biomassa sebagai Upaya Mitigasi Pemanasan Global. (Doctoral Dissertation). Universitas Andalas.
- Antonio, R. 2023. Berapa Suhu Api Sedang Kompor Gas?.
<https://kalbariana.web.id/berapa-suhu-api-sedang-kompor-gas/>. Diakses pada 24 Agustus 2023.
- Anonim. 2016. Mengenal Arduino Software (IDE).
<https://www.sinuarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>. Diakses pada 10 Juni 2023.
- Anonim. 2016. Mengenal Arduino Software (IDE).
<https://www.sinuarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>. Diakses pada 10 Juni 2023.

- Arni, Labania Hosiana., Nismayanti Anis. 2014. Studi Uji Karakteristik Fisis Pelet Bioarang Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Online Jurnal Of Nature science*. Vol. 3. No. 1. Hal 89 – 98.
- Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit (BPDPKS). (2020). Tankos Sawit Bahan Bakar Alternatif untuk Rumah Tangga. <https://www.bdp.or.id/tankos-sawit-bahan-bakar-alternatif-untuk-rumah-tangga>. Diakses pada 15 Agustus 2023.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Karet Indonesia 2017. Badan Pusat Statistik, Jakarta, Indonesia.
- Brainkart. 2017. *Time Response Analysis*. https://www.brainkart.cm/article/Time-response-analysis_12842/. Diakses pada 10 Juni 2023.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2018. Luas Perkebunan Kelapa Sawit 2018. Departemen Pertanian.
- Effendrik, P., Joelianto, G., & Sucipto, H. 2014. Karakteristik *Thermocouple* Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Matlab-Simunik. *Jurnal ELTEK*. Vol 12. No 01. Hal 133 – 145.
- Ernawati, Ika. 2016. Analisa Serapan Karbondioksida (Co2) Tumbuhan di Kampus III Universitas Muhammadiyah Malang Sebagai Bahan Ajar Biologi. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Malang.
- Falah, M., & Nelza, N. (2019). Pembuatan Biopelet dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Bakar Terbarukan. *Ready Star*. Vol 2. No 1. Hal 90-95.
- Hakim, H., Yohanes, & Kurniawan, I. (2016). Eksperimental Variasi Kecepatan Putar Screw Feeding dengan Kecepatan Putar Pisau Pengupas terhadap Kualitas Hasil Pengupasan pada Mesin Pengupas Kulit Pinang. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*. Vol 3. No 1. Hal 1 – 5.

- Harimurti, D. T., & Harsono, S. S. (2021). Analisis Pengaruh Pemberian Pengatur Tegangan Blower Pada Kompor Terhadap Efisiensi Pembakaran. *Journal Agrotechnology Innovation (Agrinova)*. Vol 4. No 1. Hal 15-21.
- Haryanto, A., Triyono, S., Telaumbanua, M., dan Cahyani, D. 2020. Pengembangan Listrik Tenaga Biogas Skala Rumah Tangga Untuk Daerah Terpencil Di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem (JRPB)*. Vol 8. No 2. Hal 168-183.
- Idji, L., Haluti, S., & Antu, E. S. 2020. Rancang Bangun Kompor Biomassa Berbahan Bakar Kayu. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*. Vol 5. No 1. Hal 17 – 21.
- Ivanto, M., Wiranto, W., Eka, E., Syahrullah, M., Herman, H., & Yudha, N. K. (2021). Rancang Bangun Alat Pengering Akar Kayu Bajakah Dengan Memanfaatkan Tenaga Surya (Solar Dryer) dan Kompor Biomassa. *Agroindustrial Technology Journal*. Vol 5. No (2). Hal 27-37.
- Jamilatun, S. 2013. Sifat-sifat penyalaan dan pembakaran pelet biomassa, pelet batubara dan arang kayu. *Jurnal rekayasa proses*. Vol 2. No 2. Hal 37 – 40.
- Jinan Taichang Transmission Machinery Co.Ltd. (2022). Pelet Bambu: Proses Pembuatan Langkah-demi-Langkah. <https://www.tcpel.com/id/pelet-bambu-langkah-demi-langkah-proses-pembuatan/>. Diakses pada 15 Agustus 2023.
- Kuncoro Heru dan Damanik Ladjiman. 2005. *Kompor Tanpa BBM dan Hemat Biaya*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Lingga, E., K. 2021. Rancang Bangun Kompor Biomassa Dengan Bahan Bakar Biopellet. (Skripsi). Universitas Medan Area.
- M Nur Syukri, “Potensi Bisnis Produk Bioenergi Dan Listrik Berbasis Agroindustri Kelapa Sawit” PT. Insan Fajar mandiri Nusantara, 2014.

- Muhammad, I., Khairuman, K., Azmi, I., Faisal, M., & Muhtadin, M. (2021). Pengaruh Bukaannya Katup Penyuplai Udara Terhadap Performa Tungku Roket Berbahan Bakar Biomassa Cangkang Sawit. *In Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA)*. Vol 4. No 1. Hal 255-266.
- Nasution, Ahmad Yunus., Hiro Fernando., dan Tarigan Louis. 2022. Analisa Desain Kompor Biomassa Berbahan Bakar Tempurung Kelapa Menggunakan Ansys. *Journal Dinamis*. Vol. 10. No. 1. Hal 22 – 29.
- Novia, D.P. 2010., Novitri, M.P. 2010 Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan* [Vol.19, No.1].
- Prasetyo, B.D. 2017. Rancang Bangun Sistem Kendali Otomatis Ph Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Larutan Nutrisi Hidroponik Berbasis Mikrokontroler. (Skripsi). Universitas Lampung. 73.
- Prime Indonesia. 2023. Kompor Biomassa. <https://primeindonesia.id/kompor-biomassa/>. Diakses pada 24 Agustus 2023.
- Purnomo, C.E., Haryanto, A., Wisnu, F.K. dan Telaumanua, M. 2022. Torefaksi Pelet Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Reaktor Putar. *Jurnal Agricultural Biosystem Engineering*. Vol 1. No.1. Hal 1-11.
- Putra, Hijrah Purnama., Hakim Lukman., Yuriandala Yebi., Anggraini Kadiyanti. 2013. Studi Kualitas Pelet Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Perikat Limbah Nasi. *Jurnal Sains Dari Teknologi Lingkungan*. Vol. 5. No. 1. Hal 27 – 35.
- Putra, N. E., Fiatno, A., & Munti, N. Y. S. (2022). Rancang Bangun Kompor Biomassa sebagai Kompor Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi (JUTIN)*. Vol 5. No (1). Hal 55-67.

- Putri, A. M., Istiasih, H., & Santoso, R. 2021. Rancang Bangun Mesin Penyemprot Cat Dinding Menggunakan Dinamo DC. *Jurnal NOE*. Vol 4. No. 01. Hal 10 – 17.
- Rahman, J. (2021). Kompor Biomassa sebagai Salah Satu Teknologi Tepat Guna Masyarakat Pedesaan. *Buletin Pembangunan Berkelanjutan*. Vol 5. No 3. Hal 1 – 6.
- Rubiyanti, T., Hidayat, W., Febryano, I. G., & Bakri, S. (2019). Karakterisasi Pelet Kayu Karet (*Hevea brasiliensis*) Hasil Torefaksi dengan Menggunakan *Reaktor Counter-Flow Multi Baffle (COMB)*. *Jurnal Sylva Lestari*. Vol 7. No. 3. Hal 321-331.
- Saftari, F. 2015. Proyek Robotika Keren dengan Arduino. PT. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Santoso, H., & Iromo, H. 2018. Rancang Bangun Kompor Biomassa Berbahan Dasar Plat Besi dan Beton Dilengkapi Dengan Teknologi Blower. *Jurnal Reaktom: Rekayasa Keteknikan dan Optimasi*. Vol 3. No 02. Hal 22 – 25.
- Sepriyawan, A. 2018. Perancangan dan Analisis Pengaruh Sistem Kendali Fuzzy Logic Terhadap Penggunaan Daya pada Sistem Robot Mobi Line Follower. (Skripsi). Universitas Lampung. 67.
- Telaumbanua, M. 2021. Buku ajar Pengantar Teknologi Instrumentasi Teknik Pertanian. Penerbit NEM, Pekalongan.
- Telaumbanua, M., Yana, E., Suharyatun, S., Lanya, B., Wisnu, F.K., dan Rahmawati, W. 2023. Rancang Bangun Sistem Pemantauan Parameter Lingkungan Berbasis Internet Of Things (Iot) Di Gudang Penyimpanan Untuk Pabrik Gula. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*. Vol 11. No 1. Hal 135-145.
- Wardani, I.K., Ichniarsyah, A.N., Telaumbanua, M., Priyonggo B., Fil'aini, R., Mufizah, Z., and Dewangga, D.A. 2023. The Feasibility Study: Accuracy

And Precision Of DHT 22 In Measuring The Temperature And Humidity
In The Greenhouse. IOP Conference Series: Earth and Environmental
Science. 1230 (1), 012146 .