

PENGEMBANGAN ALAT PENGERING BAWANG MERAH SISTEM
HYBRID MENGGUNAKAN ENERGI SURYA DAN ENERGI BIOMASSA



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

| | |
|-------------|------------|
| Nurkhalifah | 342 20 057 |
| Nurasikin | 342 20 060 |
| Yan Pebrian | 342 20 069 |

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa” oleh (Nurkhalifah NIM 342 20 057, Nurasikin NIM 342 20 060 dan Yan Pebrian NIM 342 20 069) dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 2\ September 2023

Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II




Sri Suwasti, S.S.T., M.T.
NIP.19741123 200112 2 001



Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng., SC.Ph.D
NIP.19780804 200112 1 001



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Dr. Ir. Syaharuddin Rasvid, M.T.
NIP.19680105 199403 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini Jumat, tanggal 22 September 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa (Nurkhalifah) NIM 342 20 057, (Nurasikin) NIM 342 20 060 dan (Yan Pebrian) NIM 342 20 069, dengan judul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa”

Makassar, 21 September 2023

Tim Penguji Sidang Laporan Tugas Akhir:

| | | |
|---|---------------|---------|
| 1. Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Gusri Emiyati Ali, S.Pd, M.Pd. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Abdul Rahman, S.T., M.T. | Anggota I | (.....) |
| 4. Dr. Ir. Firman, M.T. | Anggota II | (.....) |
| 5. Sri Suwasti, S.ST, M.T. | Pembimbing I | (.....) |
| 6. Prof. A.M.Shiddiq Y, S.T.,M.Eng.Sc.Ph.D. | Pembimbing II | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulisan laporan tugas akhir ini yang berjudul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan proposal tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

1. Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan serta kekuatan kepada kami untuk menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
5. Ibu Sri Suwasti, S.ST, M.T. selaku koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang sekaligus sebagai

Pembimbing I dan Bapak Prof. A.M.Shiddiq Y, S.T.,M.Eng.Sc.Ph.D. sebagai pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga serta kesempatannya untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Bapak Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. selaku wali kelas.
7. Segenap Dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang terlibat membantu kami hingga laporan tugas akhir ini selesai.
8. Seluruh rekan mahasiswa yang telah berkenan membantu dan mendengarkan keluh kesah penulis, serta memberikan dukungan, solusi dan bantuan dalam pengerjaan tugas akhir ini hingga laporan tugas akhir ini dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa proposal tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan terkhusus bagi penulis. Terima kasih.

Makassar, September 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN PENGESAHAN | i |
| HALAMAN PENERIMAAN | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR TABEL | viii |
| DAFTAR GAMBAR | ix |
| DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN | x |
| SURAT PERNYATAAN..... | xi |
| SURAT PERNYATAAN..... | xii |
| SURAT PERNYATAAN..... | xiii |
| RINGKASAN..... | xiv |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3. Ruang Lingkup | 4 |
| 1.4. Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan | 4 |
| 1.4.1. Tujuan Kegiatan | 4 |
| 1.4.2. Manfaat Kegiatan | 4 |
| BAB II..... | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1. Pengeringan..... | 5 |
| 2.2. Pengering Hybrid..... | 5 |
| 2.3. Energi Surya..... | 6 |
| 2.4. Perpindahan Panas | 8 |
| 2.5. Kolektor Matahari..... | 10 |
| 2.5.1. Pengertian Kolektor Matahari | 10 |
| 2.5.2. Bagian-bagian Secara Umum Kolektor Matahari | 10 |
| 2.5.3. Prinsip Kerja Kolektor Matahari | 12 |

| | | |
|------------------------------------|---|----|
| 2.5.4. | Pengeringan dengan Kolektor Matahari | 13 |
| 2.6. | Biomassa | 14 |
| 2.7. | Bawang Merah..... | 15 |
| 2.8. | Arang..... | 17 |
| 2.9 | Efisiensi Pengeringan..... | 18 |
| BAB III..... | | 21 |
| METODE KEGIATAN | | 21 |
| 3.1. | Tempat dan Waktu Kegiatan..... | 21 |
| 3.2. | Alat dan Bahan | 21 |
| 3.2.1. | Alat..... | 21 |
| 3.2.2. | Bahan..... | 21 |
| 3.3. | Prosedur Kegiatan..... | 22 |
| 3.3.1. | Studi Literatur | 22 |
| 3.3.2. | Tahap Perancangan | 23 |
| 3.3.3. | Desain Gambar..... | 26 |
| 3.3.4. | Pengukur Alat | 28 |
| 3.3.5. | Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat | 29 |
| 3.3.6. | Pengujian Alat..... | 30 |
| 3.3.7. | Teknik Analisis Data | 33 |
| 3.3.8. | Diagram Alir | 35 |
| BAB IV | | 36 |
| HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN | | 36 |
| 4.1 | Hasil Kegiatan | 36 |
| 4.1.1 | Hasil Perancangan Alat..... | 36 |
| 4.1.2 | Data Kuantitatif | 38 |
| 4.2 | Analisis Data..... | 48 |
| 4.2.1 | Perhitungan Energi Kalor Yang Masuk Kedalam Kolektor (Q_{in})..... | 48 |
| 4.2.2 | Perhitungan Energi Kalor Menggunakan Biomassa (Q_{in}) | 48 |
| 4.2.3 | Perhitungan Energi Kalor Yang Digunakan Pada Ruang Pemanas (Q_{out}) | 49 |
| 4.2.4 | Perhitungan Laju Pengeringan (gr/menit)..... | 49 |
| 4.2.5 | Perhitungan Efisiensi Pada Ruang Pemanas η (%) | 50 |

| | |
|------------------------------------|----|
| 4.3 Deskripsi Hasil Kegiatan | 51 |
| BAB V..... | 59 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | 59 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 59 |
| 5.2 Saran | 59 |
| DAFTAR PUSTAKA | 60 |
| LAMPIRAN | 63 |



DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi Kaca Kolektor | 24 |
| Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Arduino Uno</i> | 24 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi <i>Turbine Ventilator</i> | 25 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Menggunakan Kolektor..... | 39 |
| Tabel 4.2 Pengujian Penurunan Massa Bawang Merah Selama Pengeringan Kolektor | 40 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Penurunan Kadar Air Bawang Merah Selama Pengeringan Kolektor | 41 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Hybrid | 42 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pengeringan Hybrid Penurunan Massa Bawang Merah..... | 43 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengeringan Hybrid, Penurunan Kadar Air Bawang Merah..... | 44 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengeringan Biomassa | 45 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian Penurunan Massa Bawang Merah Selama Pengeringan Biomassa..... | 46 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian Penurunan Kadar Air Bawang Merah Selama Pengeringan Biomassa..... | 47 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Jenis Jenis Radiasi | 8 |
| Gambar 2. 2 Penyerapan radiasi oleh plat penyearah bergelombang..... | 12 |
| Gambar 3.1 Desain Gambar Sebelum Dikembangkan..... | 27 |
| Gambar 3.2 Desain Gambar Setelah Dikembangkan..... | 27 |
| Gambar 3. 2 Desain Rancangan Pembacaan Suhu | 29 |
| Gambar 4.1 Hasil Rancangan Alat..... | 36 |
| Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara daya input terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)..... | 51 |
| Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara daya input biomassa terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)..... | 52 |
| Gambar 4. 4 Grafik Hubungan antara daya output terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)..... | 53 |
| Gambar 4. 5 Grafik Hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid) | 54 |
| Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)..... | 55 |
| Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara efisiensi terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)..... | 56 |
| Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian Secara Kolektor, Biomassa, dan Hybrid)..... | 57 |

DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN

| <u>SIMBOL</u> | <u>SATUAN</u> | <u>KETERANGAN</u> |
|---------------------------|---------------------------|--|
| I | W/m^2 | Intensitas Cahaya Matahari |
| A | m^2 | Luas Penampang |
| $Mb_{(Aw)}$ | kg | Massa awal bahan |
| $Mb_{(Ak)}$ | kg | Massa akhir bahan |
| t | s | Waktu |
| $Q_{in \text{ kolektor}}$ | J | Energi Kalor Kolektor |
| $Q_{in \text{ biomassa}}$ | J | Energi Kalor Biomassa |
| Q_{out} | J | Energi Kalor Ruang Pengering |
| η | $\%$ | Efisiensi Ruang Pengering |
| K | $W/m \text{ } ^\circ C$ | Konduktivitas Termal |
| Q_c | J | Energi Perpindahan Panas Konveksi |
| h_c | $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ | Koefisien Konveksi |
| A_{kol} | m^2 | Luas Permukaan Kolektor |
| E_b | $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ | Emisi Benda |
| σ | W/m^2 | Konstanta Sthefan- Boltzman $5,6 \cdot 10^{-8}$ |
| T^4 | $^\circ C$ | Temperatur Absolute Benda |

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurkhalifah

Nim : 342 20 057

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



Nurkhalifah
NIM. 342 20 057

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurasikin

Nim : 342 20 060

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



Nurasikin
NIM. 342 20 060

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yan Pebrian

Nim : 342 20 069

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa” merupakan gagasan, hasil karya saya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2023



METERAI
TEMPEL
09AKX647004730

Yan Pebrian
NIM. 342 20 069

PENGEMBANGAN ALAT PENGERING BAWANG MERAH SISTEM HYBRID MENGGUNAKAN ENERGI SURYA DAN ENERGI BIOMASSA

RINGKASAN

Pengeringan gabah merupakan salah satu tahap penanganan pasca panen yang bertujuan untuk mengurangi kandungan kadar air sampai batas tertentu. Pengeringan gabah oleh petani umumnya dilakukan dengan cara tradisional dengan cara umbi bawang disebar di tempat bebas menerima sinar matahari dengan alas terpal atau dibuatkan para-para pakai bambu. Cara ini dianggap paling murah dan dapat diterapkan secara luas namun diketahui ada beberapa kendala antara lain dapat menurunkan mutu dan meningkatkan kehilangan produksi.

Pada kegiatan ini dirancang dan dibuat alat pengering bawang merah sistem *hybrid* dengan menggunakan energi surya dan energi biomassa dengan tujuan untuk mengetahui kinerja alat pengering, dimana proses pengeringan dilakukan sebanyak tiga kali yaitu pengeringan secara *hybrid*, pengeringan dengan menggunakan kolektor surya, serta pengeringan dengan menggunakan biomassa.

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai kadar air akhir pada pengujian pengeringan secara *hybrid* yaitu rak 1 5,8 %, dan rak 2 9,1 %, kemudian pengujian pengeringan dengan menggunakan kolektor surya yaitu rak 1 8,3 %, dan rak 2 10,4 %, dan pengujian pengeringan menggunakan biomassa yaitu rak 1 8,4 %, dan rak 2 9,8 %.



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris, sebagian besar masyarakatnya hidup dari bercocok tanam. Sektor pertanian dewasa ini juga menjadi salah satu komponen yang sangat penting dalam pembangunan nasional terutama dalam menyediakan pangan untuk menunjukkan ketahanan pangan nasional (Panurat, M.S, 2014). Salah satu komoditas pertanian yang ada di Indonesia adalah komoditas bawang merah yang sudah menjadi salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi jika ditinjau dari sisi pemenuhan konsumsi nasional serta menjadi sumber penghasilan para petani dan potensinya bisa menjadi penghasil devisa negara (Theresia, V.,Fariayanti, A., & Tinaprilla, N. 2016).

Salah satu Provinsi penghasil bawang merah di Indonesia adalah Sulawesi Selatan mencapai 48.899 ton. Kabupaten Enrekang menjadi daerah penghasil bawang merah tertinggi di Indonesia pada median Maret dan April 2017 (berdasarkan perhitungan dari Kementrian Pertanian) dengan jumlah produksi 400 ton. Produksi bawang merah di Kabupaten Enrekang tersebar di sembilan Kecamatan. Dari sembilan kecamatan penghasil bawang merah di Kabupaten Enrekang, Kecamatan Anggeraja merupakan penghasil bawang merah tertinggi pada tahun 2011. Produksi bawang merah Kecamatan Anggeraja pada tahun 2011 yakni mencapai 29.051 ton atau sekitar 84,29% dari total produksi Kabupaten Enrekang (BPS Kabupaten Enrekang 2011).

Penanganan pasca panen yang banyak dilakukan oleh para petani pada umumnya masih secara sederhana/tradisional. Caranya adalah umbi bawang disembarkan di tempat bebas menerima sinar matahari dengan alas terpal atau dibuatkan para-para pakai bambu. Cara ini dianggap paling murah dan dapat diterapkan secara luas namun diketahui ada beberapa kendala antara lain dapat menurunkan mutu dan meningkatkan kehilangan produksi. Pengeringan dengan prinsip penjemuran perlu ditingkatkan dengan memanfaatkan teknologi yang dipakai pada pengeringan buatan (*artificial dryer*) (Basmal, 1992). Untuk mendapatkan umbi bawang yang baik dan berkualitas harus dibarengi dengan penanganan pasca panen yang benar. Hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana mempertahankan kualitas umbi bawang itu sendiri. Sedikit saja kecerobohan dalam menanganinya dapat mengakibatkan kerusakan dan terkontaminasi. Hal ini berakibat turunnya nilai jual bawang.

Telah banyak metode-metode pengeringan yang dilakukan. Salah satu diantaranya adalah metode sistem *hybrid*. Metode ini menggunakan energi matahari dan juga menggunakan bantuan alat lain untuk membantu sirkulasi udara panas yang ditangkap dan disebar dalam ruang pengering. Pengering *hybrid* merupakan pengering yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk proses penguapan air. Pengering mekanis sistem ini umumnya menggunakan radiasi matahari diubah menjadi energi panas, dikombinasikan dengan energi panas hasil pembakaran biomassa apabila radiasi matahari berkurang atau tidak ada (Dhanika, 2010).

Salah satu alat pengering dengan system *hybrid* adalah alat pengering kopra tipe rak bertingkat dengan pemanas kolektor surya dan energi biomassa. Alat ini memanfaatkan kolektor surya dan energi biomassa, yang terdiri dari kolektor termal, ruang pengering, cerobong asap, boks kontroler dan tungku pembakaran (Biano, 2022). Kekurangan dari alat ini adalah sirkulasi panas biomassa yang langsung ke pengering sehingga menghasilkan mutu yang kurang baik.

Dari kekurangan tersebut, diperlukan perbaikan dengan menggunakan alat penyaring asap di atas tungku biomassa agar objek (bawang merah) tidak terkontaminasi oleh asap dari hasil pembakaran biomassa. Selain itu, diperlukan penambahan *turbine ventilatotor* diatas ruang pengering untuk mengatur panas dalam ruang pengering secara alami. Dari latar belakang tersebut maka penulis melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka disusun permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengembangan alat pengering bawang merah metode *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa?
2. Bagaimana kinerja alat pengering bawang merah metode *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa?

1.3. Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan masalah untuk lebih memfokuskan kegiatan penelitian sebagai berikut:

1. Mendesain pengembangan alat pengering bawang merah sistem *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa.
2. Pengambilan data dilakukan di Lab Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Biomassa yang dipakai adalah arang briket.

1.4. Tujuan Kegiatan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1. Tujuan Kegiatan

Tujuan yang akan dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Untuk membuat pengembangan alat pengering bawang merah sistem *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa.
2. Untuk menganalisis kinerja alat pengering bawang merah sistem *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa.

1.4.2. Manfaat Kegiatan

1. Memberikan informasi dan referensi bagi masyarakat dalam melakukan proses pengeringan bawang merah agar menghasilkan mutu produk yang baik.
2. Membantu pemerintah dalam pengembangan memanfaatkan energi alternatif pengering bawang merah dengan energi surya dan energi biomassa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengerinan

Pengerinan adalah penghidratan, yang berarti menghilangkan air dari suatu bahan. Proses pengerinan atau penghidratan berlaku apabila bahan yang dikeringkan kehilangan sebagian atau keseluruhan air yang dikandungnya. Proses utama yang terjadi pasca proses pengerinan adalah penguapan. Penguapan terjadi apabila air yang dikandung oleh suatu bahan menguap, yaitu apabila panas diberikan kepada bahan tersebut (Ismail, 2010).

Pengerinan merupakan salah satu unit operasi energi paling intensif dalam pengolahan pasca panen. Pada prinsipnya, pengerinan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung pada bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhambat atau terhenti. Dengan demikian bahan yang dikeringkan dapat mempunyai waktu simpan yang lama (Astuti, 2007).

2.2. Pengerin *Hybrid*

Pengerin *hybrid* merupakan pengerin yang menggunakan dua atau lebih sumber energi untuk proses penguapan air. Pengerin *hybrid* disini menggunakan energi matahari dan biomassa sebagai sumber energi. Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif dengan pemanfaatan yang tinggi disebabkan ketersediannya di daerah tropis terbatas (Prasad et al., 2006).

Pengering *hybrid* ini bisa digunakan untuk mengeringkan produk hasil pertanian seperti, pengeringan kopra, pengeringan bawang merah, pengeringan ubi, pengeringan buah coklat dan hasil pertanian yang lainnya, serta dapat juga digunakan untuk pengeringan hasil laut seperti pengeringan ikan, pengeringan rumput laut dan hasil laut lainnya. Mesin pengering ini bisa memanfaatkan panas dari tungku biomassa dan juga bisa dikombinasikan dengan matahari. Mesin pengering *hybrid* ini sangat ramah lingkungan dan dapat menghemat biaya operasional selama proses pengering. Suhu pengeringan metode *hybrid* divariasikan pada rentang 50°C-70°C, waktu pengeringan pada rentang 4-8 jam (Manfaati, 2019)

2.3. Energi Surya

Matahari atau surya merupakan sumber energi yang sangat luar biasa bagi proses kehidupan di muka bumi. Matahari diperlukan oleh tumbuhan dan tanaman pangan untuk tumbuh. Pemanfaatan energi surya dikelompokkan menjadi dua kategori, yakni pemanfaatan energi surya secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan energi surya secara tidak langsung adalah berupa pemanfaatan biomassa untuk sumber energi sedangkan pemanfaatan energi surya secara langsung adalah dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi utama secara langsung.

Nilai intensitas matahari secara aktual yang mengenai permukaan bumi dapat diukur dengan menggunakan alat ukur piranometer. Untuk mengetahui energi radiasi yang jatuh pada permukaan bumi dibutuhkan beberapa

parameter letak kedudukan dan posisi matahari. Karena adanya perubahan letak matahari terhadap bumi maka intensitas radiasi surya yang tiba dipermukaan bumi juga berubah-ubah oleh karena itu radiasi surya yang tiba pada suatu tempat dipermukaan bumi dapat kita bedakan menjadi 3 jenis yaitu:

a. Radiasi langsung

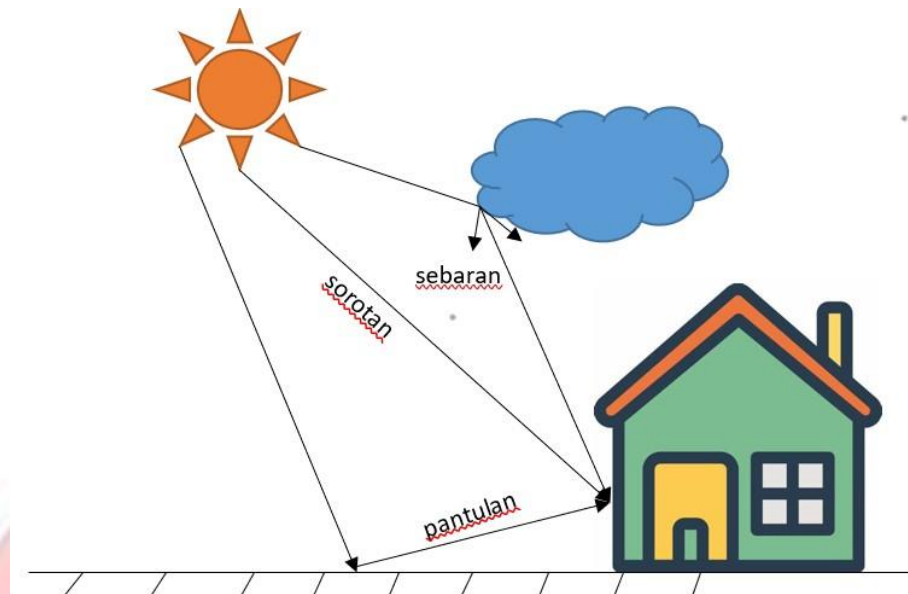
Radiasi langsung adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang.

b. Radiasi hambur

Radiasi hambur adalah radiasi yang mengalami perubahan akibat penghamburan.

c. Radiasi pantulan

Selain komponen radiasi langsung dan sebaran, permukaan penerima juga mendapatkan radiasi yang dipantulkan dari permukaan yang berdekatan, jumlah radiasi yang dipantulkan tergantung dari reflektansi α (albeldo) dari permukaan yang berdekatan itu, dan kemiringan permukaan yang menerima. (Lumba dkk., 2014).



Gambar 2. 1 Jenis Jenis Radiasi

2.4. Perpindahan Panas

Alat pengering energi surya merupakan suatu alat yang mengubah energi surya menjadi energi termal atau panas. Proses perubahan energi surya menjadi energi termal terjadi karena adanya perpindahan panas. Jenis-jenis perpindahan panas yang terjadi pada alat pengering yaitu:

1. Radiasi

Perpindahan panas radiasi terjadi karena pancara/sinaran/radiasi gelombang elektromagnetik. Perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media, sehingga perpindahan panas dapat berlangsung dalam ruang hampa udara. Setiap benda memancarkan energi dalam bentuk radiasi, yang disebut sebagai daya emisi yang besarnya sebanding dengan pangkat empat temperatur absolutnya. Besarnya daya emisi dinyatakan dengan persamaan Sthefan-Boltzman yaitu:

$$E_b = \sigma \cdot T^4$$

2. Konveksi

Konveksi terjadi karena partikel zat yang bertemperatur lebih tinggi berpindah tempat secara mengalir sehingga dengan sendirinya perpindahan panas melalui perpindahan massa. Proses perpindahan panas ini umumnya terjadi dari benda padat ke fluida (baik cair maupun gas). Perpindahan panas ini dapat dihitung melalui persamaan:

$$Q_c = h_c \cdot A_{\text{kolektor}} \cdot (T_1 - T_2)$$

Perpindahan panas secara konveksi terjadi melalui dua cara yaitu:

a. Konveksi bebas/konveksi natural

Perpindahan panas yang disebabkan oleh beda suhu dan beda rapat saja dan tidak ada tenaga dari luar yang mendorongnya. Contoh: plat panas yang dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar.

b. Konveksi paksa

Perpindahan panas yang aliran gas atau cairannya disebabkan tenaga dari luar. Contoh: plat panas yang dihembus dengan udara kipas/blower.

3. Konduksi

Perpindahan yang terjadi karena adanya perbedaan temperature antara satu benda dengan benda yang lain. Aliran perpindahan kalor yang terjadi dari daerah benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur rendah, flusk kalor yang berpindah berbanding lurus dengan gradient

temperature pada benda tersebut. Hukum fourier menyatakan dengan memasukkan konstanta kesetaraan yang disebut sebagai konduktivitas thermal, maka didapatkan persamaan berikut:

$$Q = -kA \frac{dt}{dx}$$

Tanda minus (-) menunjukkan arah perpindahan panas dari temperature tinggi ke temperature rendah. Persamaan diatas digunakan pada perpindahan panas bidang permukaan yang datar. (Lumba dkk., 2014)

2.5. Kolektor Matahari

2.5.1. Pengertian Kolektor Matahari

Kolektor matahari adalah sebuah alat yang berfungsi mengumpulkan atau menyerap radiasi matahari dan mengkonversikan menjadi panas (*thermal*). Kolektor matahari juga dapat didefinisikan sebagai sistem perpindahan panas yang menghasilkan energi *thermal* dari pemanfaatan radiasi sinar matahari sebagai sumber utama energi serta beroperasi tanpa mengeluarkan suara, sehingga tidak menyebabkan polusi suara (Biano, 2022).

2.5.2. Bagian-bagian Secara Umum Kolektor Matahari

1. Plat Penyerap/Plat Absorber

Berfungsi menyerap radiasi matahari yang diteruskan oleh penutup transparan dan diubah menjadi thermal. Plat penyerap memiliki emitansi rendah dan penghantar panas yang baik. Plat penyerap dapat diberikan cat warna hitam untuk mengoptimalkan penyerapan radiasi,

namun hal tersebut tergantung dari kualitas pengecatan dan bahannya.

2. Penutup Transparan

Berfungsi meneruskan radiasi matahari yang diterima di permukaan, serta mengurangi pantulan radiasi oleh plat penyerap sehingga membentuk efek rumah kaca didalam kolektor. Penutup transparan diharapkan memiliki sifat transmisivitas yang tinggi dan sifat absorptivitas serta reflektivitas yang serendah mungkin. Reflektivitas (daya pantul) tergantung pada indeks bias dan sudut datang yang dibentuk oleh sinar datang terhadap garis normal permukaan. Sedangkan, transmisivitas suatu permukaan dapat mempengaruhi intensitas energi matahari yang diserap oleh plat penyerap. Bahan yang digunakan untuk penutup transparan yaitu kaca. Transmisivitas kaca akan menurun bila sudut datangnya melebihi 45° terhadap vertikal. Sedangkan, absorptivitas akan bertambah sebanding dengan Panjang lintasan pada penutup transparan, sehingga bagian yang diteruskan menjadi berkurang.

3. Isolator

Berfungsi mencegah radiasi thermal tidak terdistribusi keluar system kolektor matahari (lingkungan). Bahan isolator yang digunakan memiliki konduktivitas thermal yang rendah dan tahan terhadap kelembaban.

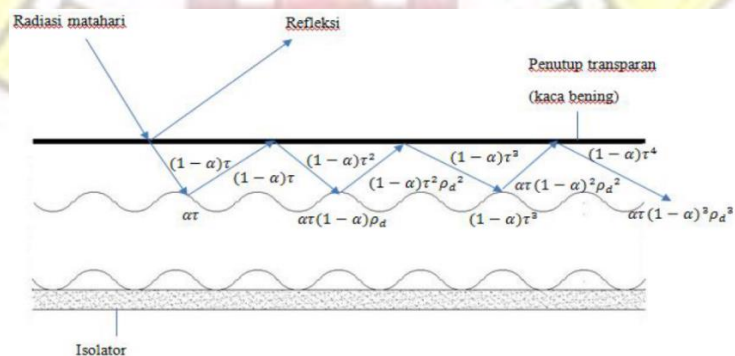
4. Rangka

Berfungsi menguatkan susunan kolektor dan memberikan bentuk pada kolektor, serta memudahkan dalam penginstalasian kolektor sesuai dengan kondisi geografis tempat pemakaian. Bahan rangka yang digunakan memiliki ketahanan terhadap panas dan lembab serta kukuh.

2.5.3. Prinsip Kerja Kolektor Matahari

Kolektor bekerja dengan prinsip dasar, Ketika pancaran sinar matahari dengan energi gelombang pendek ($0,29-25 \mu\text{m}$) jika diterima oleh benda berwarna hitam, maka sebagian besar energi radiasi akan diserap dan diubah menjadi energi thermal (Biano, 2022).

Energi radiasi matahari yang diterima permukaan penutup transparan kolektor (kaca), kemudian menimpa plat penyerap. Tetapi, radiasi matahari tidak akan sepenuhnya diserap oleh plat penyerap. Sebagian akan dipantulkan (refleksi) Kembali oleh penutup transparan kolektor (kaca), sehingga akan terjadi proses pemantulan yang terulang, seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Penyerapan radiasi oleh plat penyerap bergelombang

Sumber : (Biano, 2022)

Bila sejumlah energi radiasi surya menimpah kolektor, maka energinya sebesar $(\tau\alpha)$ akan diserap oleh plat penyerap, sebesar $(1-\alpha)\tau$ dipantulkan Kembali ke penutup transparan kolektor (radiasi hambur/diffuse radiation) dan sebesar $(1-\alpha)\tau\rho_d$ dipantulkan Kembali ke plat penyerap. Proses pemantulan tersebut terus berulang. Simbol τ menyatakan transmisivitas penutup, α menyatakan absorpsivitas plat penyerap dan ρ_d menyatakan reflektivitas radiasi hambur dari penutup transparan.

Radiasi surya tidak mampu menembus penutup transparan kolektor, sehingga mengakibatkan efek rumah kaca yang menyebabkan *temperature* di dalam ruang menjadi panas dibandingkan dengan *temperature* lingkungan. Fluida yang mengalir di antara plat menerima perpindahan panas dari hasil penyerapan radiasi sinar matahari. Aliran gelombang pada fluida dihasilkan dari pemantulan aliran fluida yang disebabkan oleh kontur plat yang tidak rata. Pemantulan fluida kerja yang berulang menyebabkan distribusi panas dari plat penyerap ke fluida kerja lebih baik. (Lumba dkk., 2014)

2.5.4. Pengeringan dengan Kolektor Matahari

Pengeringan dengan pemanfaatan energi sel surya dalam proses pengeringan dengan bantuan kolektor terbagi menjadi 3 klasifikasi, yaitu:

1. *Solar Natural Dryer* adalah pengering matahari dengan alami tanpa menggunakan bantuan peralatan luar untuk mengalirkan fluida kerja,

yang termasuk dalam kelompok tipe cabinet, tipe tenda, tipe rumah kaca dan tipe pengering cerobong.

2. *Semiartificial Solar Dry* adalah pengering surya dengan konveksi paksa yang memanfaatkan bantuan peralatan luar untuk mengalirkan fluida kerja, seperti room dryer.
3. *Solar-Assisted Artificial Dryer* adalah pengering surya yang memanfaatkan energi lain yang bersifat sebagai energi pembantu. (Lumba dkk., 2014).

2.6. Biomassa

Biomassa adalah suatu limbah benda padat yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif, energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena sifatnya yang dapat diperbaharui dan relative tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara. Di Indonesia sangat banyak potensi limbah biomassa yang dapat dimanfaatkan, contohnya tempurung kelapa (Sinurat, 2011). Sumber energi biomassa memiliki beberapa kelebihan, antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan. Agar biomassa bisa digunakan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversinya. Teknologi konversi biomassa tentu saja membutuhkan perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan menghasilkan perbedaan bahan bakar yang dihasilkan (Qistina dkk., 2015).

2.7. Bawang Merah

Bawang merah (*Allium cepa L. var. aggregatum*) merupakan salah satu bumbu masak dunia dengan varietas tumbuhan berumbi yang dapat hidup di dataran tinggi, tanaman ini berasal dari Iran, Pakistan dan daerah pegunungan di sebelah utaranya yang kemudian menyebar ke berbagai daerah sub tropis atau pun tropis. Bawang merah memiliki warna ungu kemerahan pada kulitnya dan dagingnya dengan tekstur bawang merah yang mirip dengan bawang bombay yaitu berlapis-lapis namun dengan ukuran yang lebih kecil. Bentuk dari bawang ini satuan, tidak seperti bawang putih yang umbinya terkumpul dalam satu kulit. Bawang merah memiliki ciri khas berupa bau yang tajam tetapi tidak setajam bawang putih dan aroma gurih serta sedikit pedas. Bawang merah memiliki tekstur yang lebih berair sehingga lebih mudah dihaluskan untuk bumbu masakan dan dapat membentuk kulit baru bila disimpan dalam waktu yang lama dalam keadaan terkupas.

Total produksi nasional bawang merah pada tahun 2018 mencapai 1,503 juta ton. Produksi bawang merah nasional tahun 2018 tumbuh sebesar 2,26% dibandingkan tahun 2017. Enam provinsi penghasil bawang merah utama adalah Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Jawa Barat, Sumatera Barat dan Sulawesi Selatan (Wibowo & Ramadhanty, 2018). Peningkatan produksi bawang merah setiap tahun, menyebabkan stok bawang merah melimpah sehingga harga bawang merah akan turun. Setiap 100 gram bawang merah mengandung 84,18 gram air, 0,93 gram serat dan 2,43 gram protein (Rodrigues dkk., 2003). Pengeringan bawang merah sampai kadar air

kurang dari 10 % akan mencegah pertumbuhan mikroorganisme sehingga dapat memperpanjang umur penyimpanan dan meningkatkan nilai tambah dari produk tersebut. Pengeringan bawang merah secara konveksi, dengan memanfaatkan panas matahari umum dilakukan. Pengeringan dengan cara ini dapat menghemat biaya untuk energi pengeringan tetapi membutuhkan waktu yang lama dan tergantung pada kondisi cuaca. Pada musim hujan, kandungan uap air/kelembaban cukup tinggi maka proses pengeringan menggunakan sinar matahari tidak menghasilkan proses pengeringan yang sempurna karena adanya karakter sorption isotherm (Sasongko dkk., 2020).

Proses pengeringan bawang merah dapat dilakukan dengan 2 cara pengeringan yaitu:

1. Pengeringan Jemur (*Sun Drying*)

Cara pengeringan ini terbilang cara yang paling tradisional dan merupakan cara yang paling sederhana karena tidak membutuhkan banyak peralatan, tetapi pengeringan dengan cara tersebut kurang efektif karena membutuhkan waktu yang cukup lama, tempat yang luas dan bergantung pada penyinaran matahari, sehingga pada malam hari atau hujan proses pengeringan tidak dapat dilakukan, selain itu pengeringan alami lebih rentan terkontaminasi oleh debu atau bakteri yang berasal dari lingkungan sekitar, akibatnya kualitas produk yang dihasilkan menjadi rendah (Aman dkk., 2013).

2. Pengeringan menggunakan *tray dryer*

Proses pengeringan menggunakan *tray dryer* termasuk dalam jenis pengeringan langsung, dimana media pengering (udara panas) berkontak langsung dengan bahan yang akan dikeringkan. Bahan yang akan dikeringkan harus berbentuk lembaran yang dihamparkan diatas tray agar produk mengering secara merata. Proses pengeringan melibatkan dua proses perpindahan yaitu perpindahan panas yang terjadi dari media pengering ke bahan yang akan dikeringkan, dan perpindahan massa yang terjadi dari bahan yang akan dikeringkan ke media pengering. Proses pengeringan dimulai saat udara panas yang mengalir melintasi permukaan lembaran padatan. Perpindahan panas terjadi secara konduksi melalui tray yang panas atau secara radiasi melalui permukaan bahan yang dipanaskan (Misha dkk,2013). Pengeringan bawang merah menggunakan tray dryer harus menghasilkan produk sesuai standar bahan kering, tetapi kadar nutrisinya tetap dipertahankan. Pengeringan pada suhu tinggi dapat menurunkan kandungan vitamin C, merubah warna dan mengurangi kandungan nutrisi lain (Mota dkk, 2010).

2.8. Arang

Arang merupakan suatu jenis bahan padat yang berpori dihasilkan dari pembakaran dan mengandung banyak unsur carbon (C) dengan nilai kalor sekitar 29288 kJ/kg, kegunaan arang yaitu sebagai bahan bakar. Arang memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif jenis bahan bakar padat,

bahan bakunya melimpah sehingga sangat potensial dikembangkan karena bahan bakar arang mudah didapatkan bahan dasarnya dan harga jual yang sangat murah, serta hasil pembakaran yang lebih bersih (Prasetyo, 2020).

2.9 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya dan biomassa yang dikaji. Kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya dan biomassa meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditunjukkan oleh efisiensi kolektor, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari produk udara yang memanasinya (Zamharir dkk., 2016).

Efisiensi pengeringan dinyatakan sebagai perbandingan kalor yang digunakan untuk penguapan kandungan air dari hasil pertanian/perkebunan terhadap energi matahari yang tiba di alat pengering. Adapun persamaan-persamaan perhitungan pada pengeringan sistem *hybrid* (Thamrin, 2011) :

1. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan kolektor,

Q_{in}

$$Q_{in} = I \times A \times t$$

Keterangan:

Q_{in} = Kalor yang masuk pada ruang pemanas (kJ)

A = Luas plat absorber (m^2)

I = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

t = Waktu (detik)

2. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan biomassa,

Q_{in}

$$Q_{in} = m \times \text{Kalor arang briket}$$

Keterangan :

m = massa arang briket yang digunakan (g)

kalor arang briket = 29288 kJ/kg

3. Kalor Yang Digunakan, Q_{out}

$$Q_{out} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{1000} \cdot hfg$$

Keterangan :

Q_{out} = Banyaknya kalor yang digunakan (kJ)

$m_{b(Aw)}$ = Massa Bawang Awal (g)

$m_{b(Ak)}$ = Massa Bawang Akhir (g)

4. Laju Pengeringan, \dot{m}_{Kol} (gr/menit)

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{t}$$

Dimana:

$M_{b(Aw)}$ = Massa bahan sebelum dikeringkan (kg) atau (gr)

$M_{b(Ak)}$ = Massa bahan setelah dikeringkan (kg) atau (gr)

t = Waktu pengeringan (sekon)

5. Efisiensi, η (%)

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in\ total}} \times 100\%$$

dimana :

η = Efisiensi (%)

$Q_{in\ total}$ = Kalor yang diterima kolektor + kalor dari tungku pembakaran

Q_{out} = kalor yang digunakan



BAB III

METODE KEGIATAN

3.1.Tempat dan Waktu Kegiatan

Pembuatan dan pengujian pengembangan alat pengering bawang merah system *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa dilaksanakan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, pada tanggal 9 Maret – 23 Agustus 2023.

3.2.Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan rancang bangun yang dikembangkan, yaitu:

1. Gerinda
2. Las listrik
3. Solder
4. Tang Rivet
5. Termometer Digital (Sensor DS18B20)
6. Piranometer
7. Timbangan Digital

3.2.2. Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun yang dikembangkan, yaitu:

1. Arduino Uno
2. Resistor 4,7 k Ω
3. LCD
4. Kaca dengan tebal 5 mm
5. Pelat Besi
6. Besi hollow 4 x 4 dengan tebal 1,2 mm
7. Besi siku 3 x 3 dengan tebal 1,2 mm
8. Lem silikon
9. *Glasswol types aluminium foil*
10. Cat tahan panas
11. Dempul besi
12. Amplas
13. Rivet
14. Timah solder
15. Penyaring asap
16. *Turbine ventilator*

3.3. Prosedur Kegiatan

3.3.1. Studi Literatur

Pada tahap awal dilakukan peninjauan mengenai alat yang akan dikembangkan dan studi literatur untuk mengumpulkan sumber-sumber informasi yang mendukung dalam pengerjaan rancang bangun alat.

3.3.2. Tahap Perancangan

Alat yang dirancang adalah alat pengering hasil pertanian berupa bawang merah menggunakan energi surya dan energi biomassa dengan sistem *hybrid*. Prinsip kerja alat ini adalah sinar matahari dikonversi menjadi panas pada kolektor surya dan akan bergerak naik secara alami ke dalam rak pengering. Begitu juga dengan panas yang dihasilkan dari pembakaran biomassa arang dalam tungku. Panas di dalam tungku pembakaran akan bergerak naik ke atas rak pengering dan disalurkan menggunakan penyearah panas yang terbuat dari pelat besi. Di atas tungku pembakaran dilengkapi dengan sensor suhu untuk mengetahui suhu di dalam tungku pembakaran. Di dalam kolektor dan ruang pengering juga dilengkapi dengan sensor suhu. Di atas ruang pengering terdapat *turbine ventilator* yang berfungsi sebagai menghisap panas dari ruang pengering ke udara bebas dan kadar air yang dihasilkan oleh objek sesuai dengan standar.

Adapun hal-hal dasar mengenai rancangan alat pengering ini, sebagai berikut:

1. Penggunaan kolektor dengan plat ber-*fin* tipe bergelombang besar mengacu pada penelitian terdahulu “Sirip melambai / gelombang besar (*big wave*) menghasilkan kinerja yang paling optimal terendah diperoleh dari sirip gelombang kecil” (Suwasti *et al.*, 2015). Adapun hasil penelitian lain menunjukkan “Kinerja *fin* melambai/gelombang

besar lebih baik dibandingkan dengan *fin* datar” (Abadi & Salam, 2016).

2. Penggunaan *glasswool types aluminium foil* pada bagian dinding dalam kolektor dan ruang pengering bertujuan untuk meminimalisir panas yang terbangun ke lingkungan.
3. Penambahan *turbine ventilator* di bagian atas tungku pembakaran bertujuan untuk menyuplai udara pembakaran dari tungku pembakaran menuju rak-rak pengeringan.
4. Penggunaan Arduino Uno pada pengontrolan suhu dan pengambilan data
5. Penggunaan alat penyaring asap agar objek tidak terkontaminasi oleh asap dari hasil pembakaran biomassa.

Spesifikasi tentang alat-alat yang digunakan antara lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3 1 Spesifikasi Kaca Kolektor

| | |
|-----------|---------------------------|
| Tipe | Kaca bening/ <i>clear</i> |
| Ukuran | (149 x 68) cm |
| Tebal | 5 mm |
| Sifat | Transparan |
| Berfungsi | Menghangatkan ruangan |

Tabel 3 2 Spesifikasi Arduino Uno

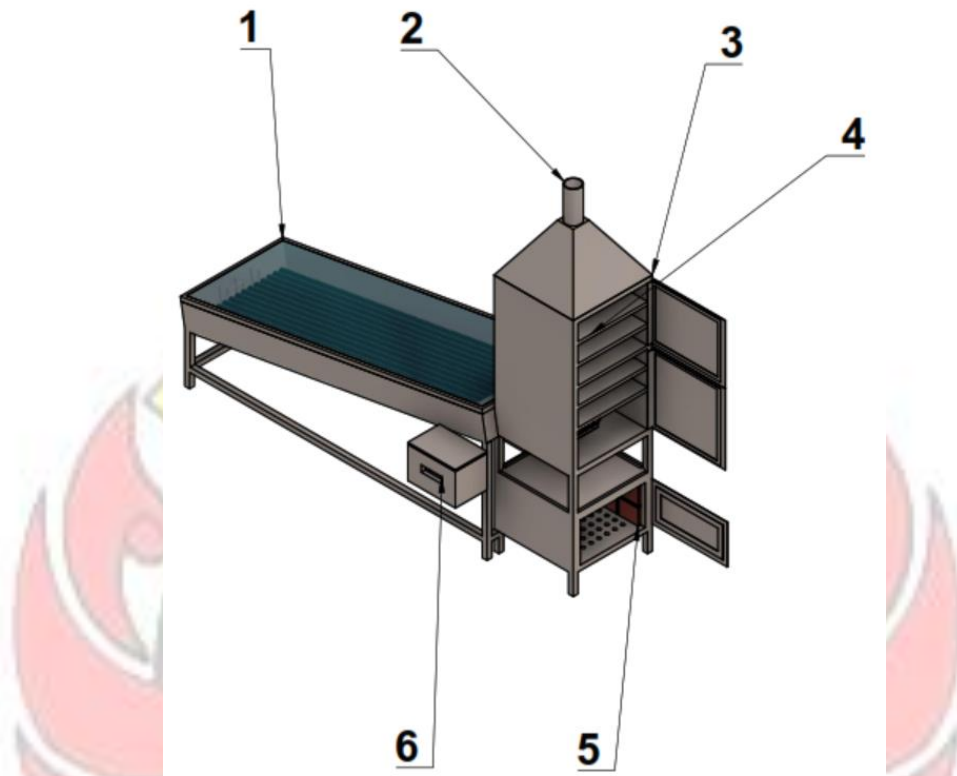
| | |
|------------------|-----|
| Tegangan Operasi | 5 V |
|------------------|-----|

| | |
|----------------------|---|
| Tegangan Input | 7 – 12V |
| Batas Tegangan Input | 6 – 20V |
| Pin Digital I/O | 14 (6 pin output PWM) |
| Pin Analog Input | 6 |
| Arus DC per I/O Pin | 40 mA |
| Arus DC untuk pin | 3.3 V, 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (Atmega328), dimana 0,5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i> . |
| SRAM | 2 KB (Atmega 328) |
| EEPROM | 1 KB (Atmega 328) |
| Clock | 16 MHz |

Tabel 3 3 Spesifikasi Turbine Ventilator

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Bahan | Alluminium dan Stainless Steel |
| Bearing | Full Stainless Steel, Made in Japan |
| Diameter | 45 cm = 18'' |
| Dimensi | 75 x 68 x 68 (HxLxW) |
| Berat | 4,5 kg s/d 8,5 kg |
| Kapasitas Hisap | 42,39 m ³ /menit |

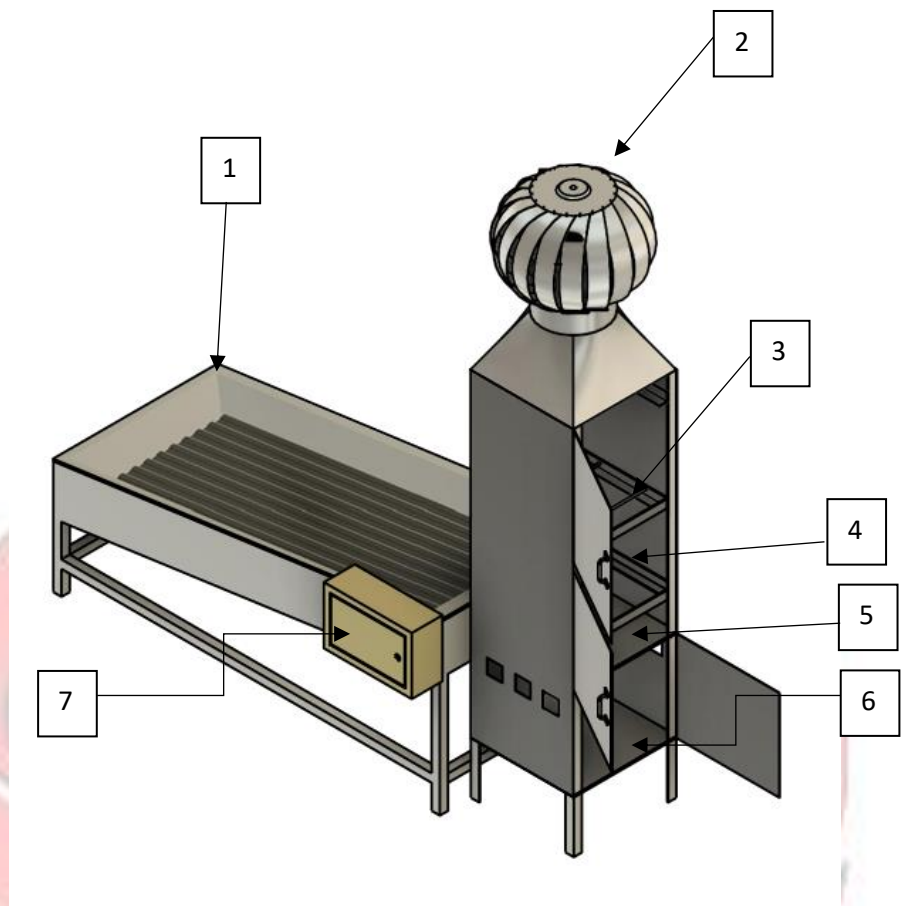
3.3.3. Desain Gambar



Gambar 3. 1 Desain Gambar Sebelum Dikembangkan

Keterangan :

1. Kolektor Surya
2. Cerobong Asap
3. Ruang Pengering
4. Rak Pengering
5. Tungku Biomassa
6. Ruang Kontrol



Gambar 3. 2 Desain Gambar Setelah Dikembangkan

Keterangan:

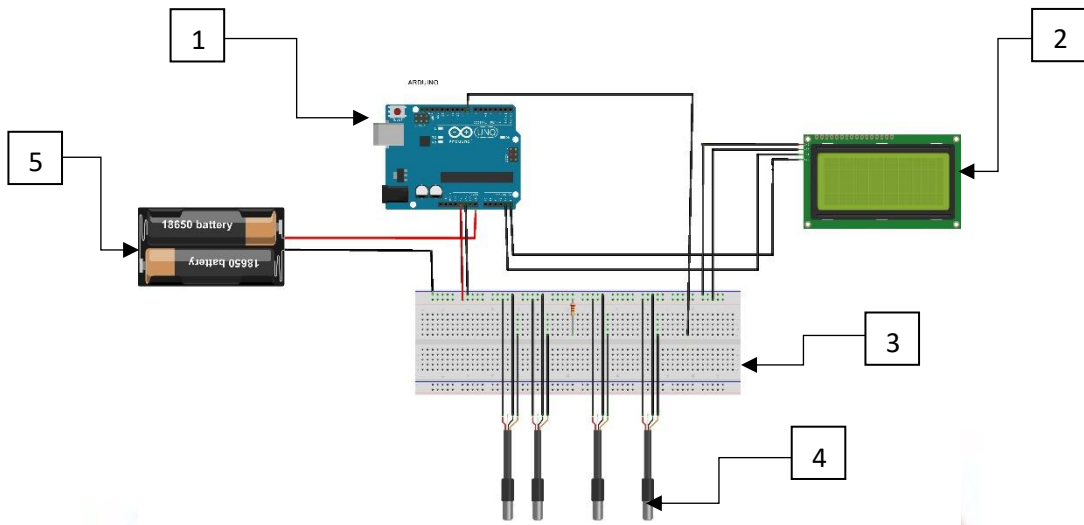
1. Kolektor Surya
2. Turbine Ventilator
3. Rak Gantung
4. Ruang Pengering
5. Penyaring Asap
6. Tungku Biomassa
7. Box Pengukur Alat

Dapat dilihat dari gambar 3.1 dan 3.2, di mana dilakukan pengembangan sebagai berikut:

1. Cerobong asap pada gambar 3.1 dilakukan pengembangan dengan menggunakan turbine ventilator dapat dilihat pada gambar 3.2
2. Pada gambar 3.1 diatas tungku biomassa terdapat ruang pengering dilakukan pengembangan dengan penambahan penyaring asap di atas tungku biomassa dapat dilihat pada gambar 3.2.
3. Pada gambar 3.1 box alat ukur alat terbuat dari triplek dilakukan pengembangan pada gambar 3.2 dengan box alat ukur yang terbuat dari bahan logam jenis stainless steel.
4. Pada gambar 3.1 objek yang dikeringkan adalah kopra, sedangkan pada gambar 3.2 objek yang dikeringkan adalah bawang merah.
5. Pada gambar 3.1 jenis biomassa yang dipakai adalah tempurung kelapa, sedangkan pada gambar 3.2 jenis biomassa yang digunakan adalah arang briket.

3.3.4. Pengukur Alat

Pengukur alat merupakan rancangan untuk pembacaan suhu alat pada kolektor dan ruang pengering. Mikrokontroler pada sistem ini yaitu mikrokontroler Arduino Uno, Sensor DS18B20, LCD 20×4, baterai. Adapun perakitan komponen-komponennya sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Desain Rancangan Pembacaan Suhu

Sumber : Bianco, 2022

Keterangan:

1. Arduino Uno
2. LCD
3. Papan Breadboard
4. Sensor Suhu
5. Baterai

3.3.5. Tahap Pembuatan dan Perakitan Alat

Setelah tahap perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan tahap pembuatan komponen-komponen alat dan perakitan. Langkah-langkah dalam pengerjaan rancang bangun adalah sebagai berikut :

1. Melakukan peninjauan alat.

2. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
3. Pembuatan ruang pengering.
4. Pembuatan boks kontrol.
5. Pembuatan kolektor surya.
6. Penggabungan kolektor surya dan ruang pengering.
7. Pembuatan program kontrol dengan aplikasi.
8. Merakit instalasi kontrol pada alat.
9. Merakit seluruh komponen sesuai desain rancangan alat.

3.3.6. Pengujian Alat

Setelah rancang bangun selesai, maka dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Pengambilan data dilakukan dengan 3 pengujian, yaitu :

1. Pengujian dengan ruang pengering secara *hibryd*.
2. Pengujian dengan ruang pengering secara *hibryd* dengan tipe rak bersusun (rak 1, rak 2).
3. Pengujian secara hybrid dilakukan 1 hari, biomassa selama 1 hari, dan kolektor surya 1 hari.

Prosedur pengambilan data yang dilakukan sebagai berikut :

a. Prosedur pengujian untuk pengeringan *hybrid* :

1. Menempatkan alat di tempat yang terkena sinar matahari.

2. Mengecek alat ukur yang akan digunakan (yang tersedia pada alat) dan atau menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti : alat ukur kadar air, piranometer dan timbangan digital.
 3. Mengukur massa bahan yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan massa awal bahan.
 4. Pada pukul 08.45-16.15 dilakukan pengujian alat.
 5. Melakukan pengambilan data dengan pengukuran parameter setiap 30 menit. Adapun parameter yang akan diukur :
 - Intensitas radiasi matahari yang masuk ke kaca kolektor menggunakan piranometer.
 - Temperatur pada sistem kolektor, ruang pembakaran dan ruang pengering menggunakan sensor suhu.
 - Menimbang massa objek yang dikeringkan menggunakan timbangan digital.
 6. Pengujian selesai.
- b. Prosedur pengujian untuk pengeringan biomassa :
1. Menempatkan alat di tempat yang tidak terpapar sinar matahari.
 2. Mengecek alat ukur yang akan digunakan (yang tersedia pada alat) dan atau menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti : alat ukur kadar air dan timbangan digital.
 3. Mengukur massa bahan yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan massa awal bahan.

4. Pada pukul 08.45-16.15 dilakukan pengujian alat dengan pembebanan.

5. Melakukan pengambilan data dengan pengukuran parameter setiap 30 menit. Adapun parameter yang akan diukur :

- Temperatur pada ruang pembakaran dan ruang pengering menggunakan sensor suhu.
- Menimbang massa objek yang dikeringkan menggunakan timbangan digital.

6. Pengujian selesai.

c. Prosedur pengujian untuk pengeringan kolektor :

1. Menempatkan alat di tempat yang terkena sinar matahari.
2. Mengecek alat ukur yang akan digunakan (yang tersedia pada alat) dan atau menyiapkan alat ukur yang akan digunakan seperti : alat ukur kadar air, piranometer dan timbangan digital.
3. Mengukur massa bahan yang akan dikeringkan menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan massa awal bahan.

4. Pada pukul 08.45-16.15 dilakukan pengujian alat.

5. Melakukan pengambilan data dengan pengukuran parameter setiap 30 menit. Adapun parameter yang akan diukur :

- Intensitas radiasi matahari yang masuk ke kaca kolektor menggunakan piranometer.
- Temperatur pada sistem kolektor surya menggunakan sensor suhu.

- Menimbang massa objek yang dikeringkan menggunakan timbangan digital.

6. Pengujian selesai.

3.3.7. Teknik Analisis Data

Persamaan yang akan digunakan dalam perhitungan system *hybrid* penggabungan kolektor dan arang ini adalah :

6. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan kolektor,

Q_{in}

$$Q_{in} = I \times A \times t$$

Keterangan:

Q_{in} = Kalor yang masuk pada ruang pemanas (kJ)

A = Luas plat absorber (m^2)

I = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

t = Waktu (detik)

7. Kalor yang diterima ruang pemanas dengan menggunakan biomassa,

Q_{in}

$$Q_{in} = m \times \text{Kalor arang briket}$$

Keterangan :

m = massa arang briket yang digunakan (g)

kalor arang briket = 29288 kJ/kg

8. Kalor Yang Digunakan, Q_{out}

$$Q_{out} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{1000} \cdot hfg$$

Keterangan :

Q_{out} = Banyaknya kalor yang digunakan (kJ)

$m_{b(Aw)}$ = Massa Bawang Awal (g)

$m_{b(Ak)}$ = Massa Bawang Akhir (g)

9. Laju Pengeringan, \dot{m}_{kol} (gr/menit)

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{t}$$

Dimana:

$M_{b(Aw)}$ = Massa bahan sebelum dikeringkan (kg) atau (gr)

$M_{b(Ak)}$ = Massa bahan setelah dikeringkan (kg) atau (gr)

t = Waktu pengeringan (sekon)

10. Efisiensi, η (%)

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in\ total}} \times 100\%$$

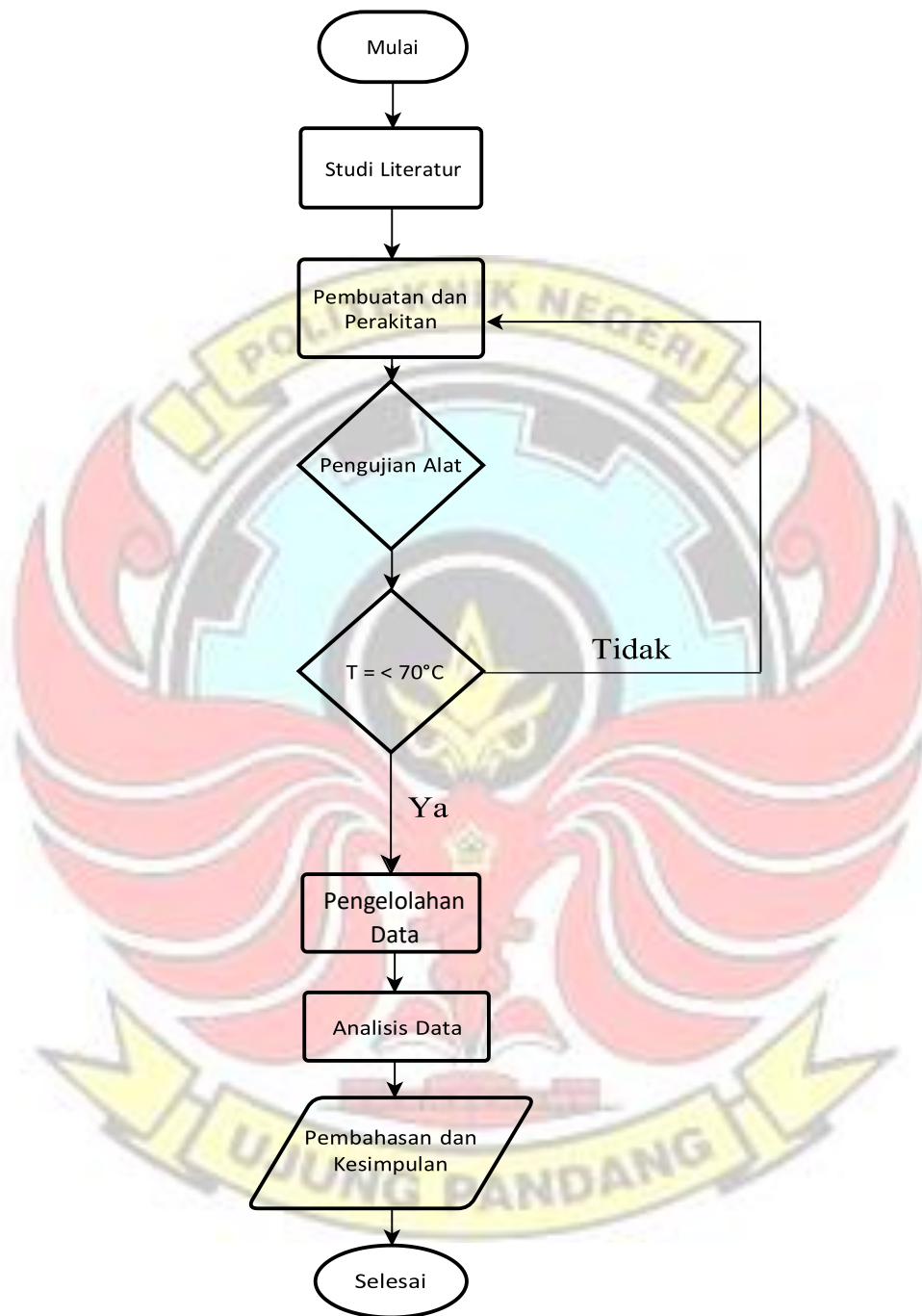
dimana :

η = Efisiensi (%)

$Q_{in\ total}$ = Kalor yang diterima kolektor + kalor dari tungku pembakaran

Q_{out} = kalor yang digunakan

3.3.8. Diagram Alir



BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Kegiatan

4.1.1 Hasil Perancangan Alat



Gambar 4. 1 Hasil Rancangan Alat

1. *Turbine ventilator* diatas ruang pengering dengan ukuran 45 cm yang berfungsi untuk mengatur panas dalam ruang pengering secara alami.
2. Ruang pengering berbentuk kubus dengan ukuran (100× 50) cm yang terbuat dari plat besi. Di dalam ruang pengering terdapat 2 rak gantung dengan posisi bertingkat untuk meletakkan hasil pertanian yang dikeringkan. Bagian dinding dalam ruang pengering dilapisi *glasswol types aluminium foil* dan bagian atas/atap ruang pengering terdapat turbine ventilator yang berfungsi untuk mengatur panas di dalam ruang pengering secara alami.
3. Penyaring asap diatas tungku biomassa agar objek (bawang merah) tidak terkontaminasi oleh asap dari hasil pembakaran biomassa.
4. Tungku biomassa dengan ukuran (60 × 50) cm yang terbuat dari plat besi, dan bagian samping tungku biomassa dibuat lubang-lubang yang berfungsi sebagai ventilasi.
5. Rangka dudukan alat yang terbuat dari besi hollow.
6. Kolektor *thermal* yang terbuat dari besi siku sebagai rangkanya dan plat besi untuk menutupi bagaian samping kolektor dimana sisi-sisinya dibaluti dengan dempul untuk menghindari kebocoran udara. Bagian atas dan bawah kolektor dipertahankan bentuk aslinya yaitu bagian atas ditutup dengan kaca polos tebal 5 mm, kemudian sisi kaca dilem menggunakan lem silikon dan bagian bawah kolektor ditutup dengan tripleks tebal 10 mm.
7. Plat ber-*fin* bergelombang berfungsi untuk memaksimalkan penyerapan panas dan pada dindingnya dilapisi *glasswol types aluminium foil*

8. Pada bagian samping ruang pengering terdapat boks pengukur alat yang berfungsi untuk menyimpan rangkaian alat ukur alat Arduino Uno.

4.1.2 Data Kuantitatif

Setelah melakukan pengambilan data dalam pengujian alat pengering bawang merah sistem *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa yang dilakukan selama tiga hari bertempat di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. Didapatkan data yang disajikan dalam bentuk table dibawah ini :



Tabel 4 1 Hasil Pengujian Menggunakan Kolektor

| No. | Waktu (t) | Intensitas (I) W/m ² | Luas Penampang (A) m ² | Temperatur Kolektor (°C) | Temperatur Ruang Pengering T1 (°C) | Temperatur Ruang Pengering T2 (°C) | Temperatur Ruang Pengering T _{rata-rata} (°C) |
|-----|--------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|---|---|---|
| 1. | 08.45 | 498 | 1,01 | 49 | 48 | 41 | 45 |
| 2. | 09.15 | 560 | 1,01 | 50 | 50 | 47 | 49 |
| 3. | 09.45 | 591 | 1,01 | 53 | 52 | 50 | 51 |
| 4. | 10.15 | 601 | 1,01 | 55 | 55 | 52 | 54 |
| 5. | 10.45 | 632 | 1,01 | 58 | 57 | 54 | 56 |
| 6. | 11.15 | 697 | 1,01 | 62 | 60 | 57 | 59 |
| 7. | 11.45 | 704 | 1,01 | 64 | 62 | 60 | 61 |
| 8. | 12.15 | 763 | 1,01 | 66 | 66 | 64 | 65 |
| 9. | 12.45 | 795 | 1,01 | 69 | 68 | 66 | 67 |
| 10. | 13.15 | 815 | 1,01 | 70 | 70 | 67 | 69 |
| 11. | 13.45 | 668 | 1,01 | 63 | 59 | 55 | 57 |
| 12. | 14.15 | 645 | 1,01 | 61 | 58 | 54 | 56 |
| 13. | 14.45 | 630 | 1,01 | 59 | 57 | 53 | 55 |
| 14. | 15.15 | 610 | 1,01 | 57 | 56 | 50 | 53 |
| 15. | 15.45 | 583 | 1,01 | 53 | 51 | 47 | 49 |
| 16. | 16.15 | 430 | 1,01 | 48 | 46 | 32 | 39 |

Tabel 4.2 Pengujian Penurunan Massa Bawang Merah Selama Pengeringan Kolektor

| No. | Waktu (t) | M _{Bawang} (Kg) | | M _{Bawang tot} (Kg) |
|-----|-----------|--------------------------|-------|---------------------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | |
| 1. | 08.45 | 1 | 1 | 2 |
| 2. | 09.15 | 0,926 | 0,972 | 1,898 |
| 3. | 09.45 | 0,898 | 0,948 | 1,846 |
| 4. | 10.15 | 0,872 | 0,912 | 1,784 |
| 5. | 10.45 | 0,843 | 0,882 | 1,725 |
| 6. | 11.15 | 0,831 | 0,863 | 1,694 |
| 7. | 11.45 | 0,809 | 0,849 | 1,658 |
| 8. | 12.15 | 0,788 | 0,808 | 1,596 |
| 9. | 12.45 | 0,764 | 0,791 | 1,555 |
| 10. | 13.15 | 0,748 | 0,773 | 1,521 |
| 11. | 13.45 | 0,716 | 0,758 | 1,474 |
| 12. | 14.15 | 0,682 | 0,719 | 1,401 |
| 13. | 14.45 | 0,663 | 0,693 | 1,356 |
| 14. | 15.15 | 0,628 | 0,672 | 1,300 |
| 15. | 15.45 | 0,615 | 0,655 | 1,270 |
| 16. | 16.15 | 0,592 | 0,627 | 1,219 |

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Penurunan Kadar Air Bawang Merah Selama Pengeringan Kolektor

| No. | Waktu (t) | Kadar Air (%) | | Kadar Air Total (%) |
|-----|-----------|---------------|-------|---------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | |
| 1. | 08.45 | 64,6 | 64,4 | 129 |
| 2. | 09.15 | 59,2 | 60,3 | 119,5 |
| 3. | 09.45 | 56,1 | 59,8 | 115,9 |
| 4. | 10.15 | 53,2 | 57,2 | 110,4 |
| 5. | 10.45 | 50,3 | 56,5 | 106,8 |
| 6. | 11.15 | 48,4 | 52,8 | 101,2 |
| 7. | 11.45 | 45,4 | 50,1 | 95,5 |
| 8. | 12.15 | 40,3 | 48,7 | 89 |
| 9. | 12.45 | 37,3 | 45,2 | 82,5 |
| 10. | 13.15 | 35,2 | 40,2 | 75,4 |
| 11. | 13.45 | 28,1 | 36,2 | 64,3 |
| 12. | 14.15 | 26,3 | 33,1 | 59,4 |
| 13. | 14.45 | 25,1 | 28,8 | 53,8 |
| 14. | 15.15 | 18,2 | 23,9 | 42,1 |
| 15. | 15.45 | 15,1 | 17,2 | 32,3 |
| 16. | 16.15 | 8,3 | 10,4 | 18,7 |

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Hybrid

| No. | Waktu (t) | Intensitas (I) W/m ² | Luas Penampang Kolektor (A) m ² | Luas Penampang Biomassa (A) m ² | Temperatur Kolektor (°C) | Temperatur Tungku Biomassa (°C) | Temperatur Ruang Pengering T _{rata-rata} (°C) |
|-----|-----------|---------------------------------------|--|--|--------------------------------|--|---|
| 1. | 08.45 | 530 | 1,01 | 0,3 | 52 | 69 | 47 |
| 2. | 09.15 | 590 | 1,01 | 0,3 | 53 | 67 | 50 |
| 3. | 09.45 | 678 | 1,01 | 0,3 | 62 | 65 | 55 |
| 4. | 10.15 | 790 | 1,01 | 0,3 | 64 | 62 | 59 |
| 5. | 10.45 | 810 | 1,01 | 0,3 | 65 | 68 | 60 |
| 6. | 11.15 | 833 | 1,01 | 0,3 | 66 | 67 | 61 |
| 7. | 11.45 | 911 | 1,01 | 0,3 | 67 | 65 | 63 |
| 8. | 12.15 | 914 | 1,01 | 0,3 | 67 | 62 | 64 |
| 9. | 12.45 | 951 | 1,01 | 0,3 | 69 | 68 | 68 |
| 10. | 13.15 | 988 | 1,01 | 0,3 | 70 | 66 | 69 |
| 11. | 13.45 | 965 | 1,01 | 0,3 | 69 | 64 | 66 |
| 12. | 14.15 | 854 | 1,01 | 0,3 | 67 | 62 | 64 |
| 13. | 14.45 | 762 | 1,01 | 0,3 | 63 | 59 | 59 |
| 14. | 15.15 | 758 | 1,01 | 0,3 | 60 | 69 | 56 |
| 15. | 15.45 | 609 | 1,01 | 0,3 | 59 | 65 | 52 |
| 16. | 16.15 | 457 | 1,01 | 0,3 | 46 | 58 | 42 |

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Pengeringan Hybrid Penurunan Massa Bawang Merah

| No. | Waktu (t) | M _{Bawang} (Kg) | | M _{Bawang tot} (Kg) | M _{Bio(Aw)} (kg)C |
|-----|-----------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | | |
| 1. | 08.45 | 1 | 1 | 2 | 0,405 |
| 2. | 09.15 | 0,866 | 0,889 | 1,755 | 0,221 |
| 3. | 09.45 | 0,820 | 0,882 | 1,702 | 0,213 |
| 4. | 10.15 | 0,773 | 0,867 | 1,640 | 0,112 |
| 5. | 10.45 | 0,755 | 0,851 | 1,606 | 0,321 |
| 6. | 11.15 | 0,715 | 0,792 | 1,507 | 0,212 |
| 7. | 11.45 | 0,703 | 0,732 | 1,435 | 0,137 |
| 8. | 12.15 | 0,691 | 0,728 | 1,419 | 0,102 |
| 9. | 12.45 | 0,668 | 0,698 | 1,366 | 0,402 |
| 10. | 13.15 | 0,658 | 0,662 | 1,320 | 0,271 |
| 11. | 13.45 | 0,642 | 0,653 | 1,295 | 0,181 |
| 12. | 14.15 | 0,623 | 0,640 | 1,263 | 0,114 |
| 13. | 14.45 | 0,611 | 0,632 | 1,243 | 0,096 |
| 14. | 15.15 | 0,600 | 0,619 | 1,219 | 0,392 |
| 15. | 15.45 | 0,593 | 0,601 | 1,194 | 0,283 |
| 16. | 16.15 | 0,571 | 0,582 | 1,153 | 0,143 |

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengeringan Hybrid, Penurunan Kadar Air Bawang

Merah

| No. | Waktu (t) | Kadar Air (%) | | Kadar Air Total (%) |
|-----|-----------|---------------|-------|---------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | |
| 1. | 08.45 | 64,5 | 64,4 | 128,9 |
| 2. | 09.15 | 56,5 | 56,5 | 113 |
| 3. | 09.45 | 51,1 | 52,1 | 103,2 |
| 4. | 10.15 | 48,7 | 49,3 | 98 |
| 5. | 10.45 | 45,5 | 46,5 | 92 |
| 6. | 11.15 | 41,4 | 44,5 | 85,9 |
| 7. | 11.45 | 38,3 | 40,3 | 78,6 |
| 8. | 12.15 | 32,2 | 38,3 | 70,5 |
| 9. | 12.45 | 29,9 | 30,4 | 60,3 |
| 10. | 13.15 | 27 | 29,2 | 56,2 |
| 11. | 13.45 | 22 | 26,7 | 48,7 |
| 12. | 14.15 | 19,2 | 20,6 | 39,8 |
| 13. | 14.45 | 17,5 | 19,4 | 36,9 |
| 14. | 15.15 | 15,3 | 17,4 | 32,7 |
| 15. | 15.45 | 10,1 | 13,5 | 23,6 |
| 16. | 16.15 | 5,8 | 9,1 | 14,9 |

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Pengeringan Biomassa

| No. | Waktu (t) | Luas Penampang (A) m ² | Temperatur Tungku Biomassa (°C) | Temperatur Ruang Pengering T1 (°C) | Temperatur Ruang Pengering T2 (°C) | Temperatur Ruang Pengering T _{rata-rata} (°C) |
|-----|--------------|--|--|---|---|---|
| 1. | 08.45 | 0,3 | 70 | 68 | 65 | 67 |
| 2. | 09.15 | 0,3 | 67 | 66 | 62 | 64 |
| 3. | 09.45 | 0,3 | 65 | 62 | 59 | 61 |
| 4. | 10.15 | 0,3 | 62 | 59 | 54 | 57 |
| 5. | 10.45 | 0,3 | 59 | 56 | 52 | 54 |
| 6. | 11.15 | 0,3 | 57 | 55 | 50 | 53 |
| 7. | 11.45 | 0,3 | 69 | 67 | 64 | 66 |
| 8. | 12.15 | 0,3 | 66 | 65 | 61 | 63 |
| 9. | 12.45 | 0,3 | 63 | 61 | 58 | 60 |
| 10. | 13.15 | 0,3 | 61 | 58 | 55 | 57 |
| 11. | 13.45 | 0,3 | 58 | 54 | 50 | 52 |
| 12. | 14.15 | 0,3 | 55 | 50 | 48 | 49 |
| 13. | 14.45 | 0,3 | 69 | 68 | 64 | 66 |
| 14. | 15.15 | 0,3 | 67 | 65 | 60 | 63 |
| 15. | 15.45 | 0,3 | 65 | 60 | 57 | 59 |
| 16. | 16.15 | 0,3 | 61 | 57 | 52 | 55 |

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Penurunan Massa Bawang Merah Selama Pengeringan

Biomassa

| No. | Waktu (t) | M _{Bawang} (Kg) | | M _{Bawang tot} (Kg) | M _{Bio(Aw)} (kg)C |
|-----|-----------|--------------------------|-------|---------------------------------|-------------------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | | |
| 1. | 08.45 | 1 | 1 | 2 | 0,452 |
| 2. | 09.15 | 0,896 | 0,919 | 1,815 | 0,309 |
| 3. | 09.45 | 0,879 | 0,901 | 1,780 | 0,284 |
| 4. | 10.15 | 0,851 | 0,893 | 1,744 | 0,251 |
| 5. | 10.45 | 0,822 | 0,872 | 1,694 | 0,207 |
| 6. | 11.15 | 0,793 | 0,841 | 1,634 | 0,153 |
| 7. | 11.45 | 0,780 | 0,822 | 1,602 | 0,372 |
| 8. | 12.15 | 0,762 | 0,796 | 1,558 | 0,291 |
| 9. | 12.45 | 0,747 | 0,778 | 1,525 | 0,272 |
| 10. | 13.15 | 0,712 | 0,753 | 1,465 | 0,243 |
| 11. | 13.45 | 0,688 | 0,724 | 1,412 | 0,216 |
| 12. | 14.15 | 0,667 | 0,684 | 1,351 | 0,155 |
| 13. | 14.45 | 0,632 | 0,667 | 1,299 | 0,375 |
| 14. | 15.15 | 0,628 | 0,641 | 1,269 | 0,292 |
| 15. | 15.45 | 0,610 | 0,634 | 1,244 | 0,287 |
| 16. | 16.15 | 0,582 | 0,621 | 1,203 | 0,237 |

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Penurunan Kadar Air Bawang Merah Selama Pengerinan Biomassa

| No. | Waktu (t) | Kadar Air (%) | | Kadar Air Total (%) |
|-----|-----------|---------------|-------|---------------------|
| | | Rak 1 | Rak 2 | |
| 1. | 08.45 | 65,5 | 65,3 | 130,8 |
| 2. | 09.15 | 58,1 | 61,8 | 119,1 |
| 3. | 09.45 | 53,2 | 58,5 | 117,7 |
| 4. | 10.15 | 50,8 | 55,1 | 105,9 |
| 5. | 10.45 | 48,4 | 49,4 | 97,8 |
| 6. | 11.15 | 44,5 | 47,5 | 92 |
| 7. | 11.45 | 40,1 | 45,1 | 85,2 |
| 8. | 12.15 | 38,2 | 40,2 | 78,4 |
| 9. | 12.45 | 37,1 | 38,1 | 75,2 |
| 10. | 13.15 | 34,4 | 35,2 | 69,6 |
| 11. | 13.45 | 26,6 | 29,6 | 56,2 |
| 12. | 14.15 | 24,1 | 25,5 | 49,6 |
| 13. | 14.45 | 20,1 | 23,2 | 43,3 |
| 14. | 15.15 | 16,4 | 19,1 | 35,5 |
| 15. | 15.45 | 12,3 | 15,7 | 28 |
| 16. | 16.15 | 8,4 | 9,8 | 18,2 |

4.2 Analisis Data

4.2.1 Perhitungan Energi Kalor Yang Masuk Kedalam Kolektor (Q_{in})

Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4 data ke-2, maka didapatkan energi kalor sebagai berikut :

$$Q_{in} = I \times A \times t$$

Diketahui : Intensitas matahari = 590 W/m

t = 1800 s

Luas Penampang = 1,01 m²

Ditanyakan : Q_{in}?

Penyelesaian :

$$Q_{in} = (590 \text{ W/m}) \times (1,01) \times 1800 \text{ s}$$

$$Q_{in} = 1072620 \text{ J} \quad Q_{in} = 1072,62 \text{ kJ}$$

4.2.2 Perhitungan Energi Kalor Menggunakan Biomassa (Q_{in})

Hasil data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4 data ke-2, maka didapatkan energi kalor sebagai berikut :

$$Q_{in} = m \times \text{k calor arang briket}$$

Diketahui :

Massa arang briket = 0,221 kg

Kalor arang briket = 29288 kJ/kg

Ditanyakan : Q_{in}?

Penyelesaian :

$$Q_{in} = 0,221 \text{ kg} \times 29288 \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{in} = 11861,64 \text{ kJ}$$

4.2.3 Perhitungan Energi Kalor Yang Digunakan Pada Ruang Pemanas

(Q_{out})

Untuk menghitung energi kalor menggunakan rumus kalor jenis dengan data pada Tabel 4.5 data ke-2, maka didapatkan nilai kalor sebagai berikut :

$$Q_{out} = \frac{m_{b(Aw)} - m_{b(Ak)}}{1000} \cdot hfg$$

Diketahui : $m_{b(Aw)} = 2000 \text{ g}$

$$m_{b(Ak)} = 1755 \text{ g}$$

$$T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$hfg = 2382,65 \text{ kJ/kg}$$

Ditanyakan : $Q_{out} \dots ?$

Penyelesaian :

$$Q_{out} = \frac{2000 \text{ g} - 1755 \text{ g}}{1000} \cdot 2382,65 \text{ kJ/g}$$

$$Q_{out} = 583,74 \text{ kJ}$$

4.2.4 Perhitungan Laju Pengeringan (gr/menit)

Hasil data pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5 rak 1 data ke-2 maka didapatkan laju pengeringan sebagai berikut :

$$\text{laju Pengeringan} = \frac{Mb(Aw) - Mb(Ak)}{t}$$

Diketahui : $Mb(Aw) = 1000 \text{ g}$

$$M_{b(Ak)} = 866 \text{ g}$$

$$T = 1800 \text{ s}$$

Ditanyakan : Laju Pengeringan...?

Penyelesaian :

$$\text{Laju Pengeringan} = \frac{1000 \text{ g} - 866 \text{ g}}{1800}$$

$$\text{Laju Pengeringan} = 0,07444 \text{ g/s}$$

4.2.5 Perhitungan Efisiensi Pada Ruang Pemanas η (%)

Untuk menghitung energi kalor menggunakan rumus efisiensi dengan data pada Tabel 2 data ke-2, maka didapatkan nilai energi kalor sebagai berikut :

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{intotal}} \times 100\%$$

Diketahui :

$$Q_{out} = 583,74 \text{ kJ}$$

$$Q_{in} \text{ menggunakan kolektor} = 1072,62 \text{ kJ}$$

$$Q_{in} \text{ menggunakan biomassa} = 11861,64 \text{ kJ}$$

Ditanyakan : η?

Penyelesaian :

$$\eta = \frac{583,74 \text{ kJ}}{(1072,62 \text{ kJ} + 11861,64 \text{ kJ})} \times 100\%$$

$$\eta = 5 \%$$

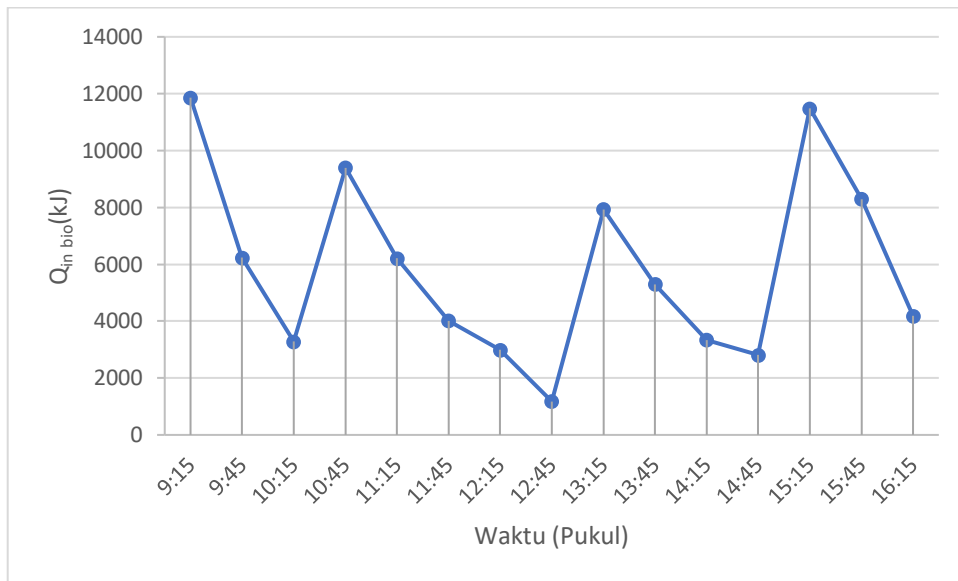
4.3 Deskripsi Hasil Kegiatan

Setelah melakukan perhitungan data pengujian alat pengering bawang merah sistem *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa yang dilakukan selama 3 hari bertempat di Laboratorium Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. Didapatkan grafik dibawah ini :



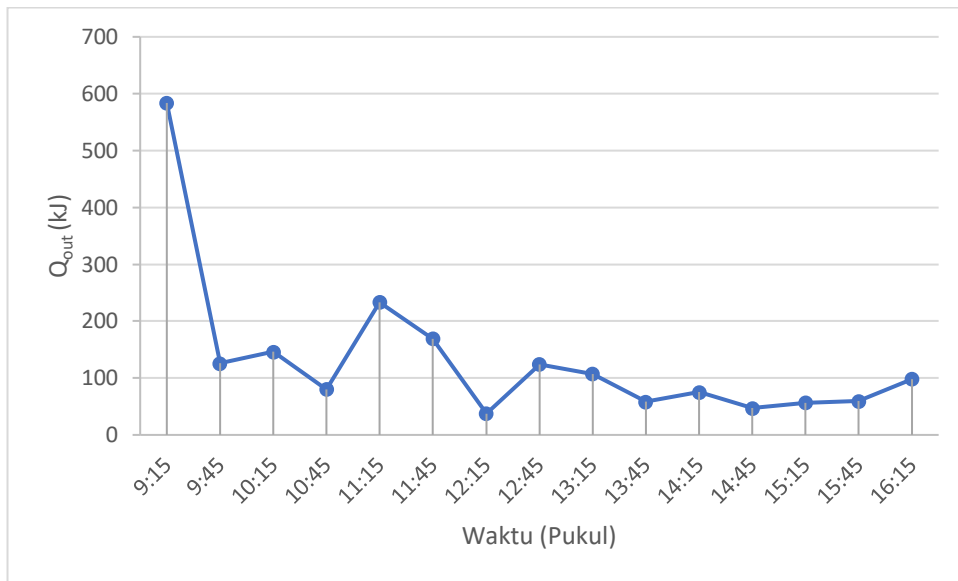
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan antara daya input terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)

Berdasarkan grafik hubungan antara daya input kolektor terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami peningkatan seiring bertambahnya waktu hingga mencapai nilai tertinggi yaitu 1796,184 kJ pada jam 13.15 WITA dan nilai titik terendah yaitu 830,826 kJ pada jam 16.15. Hal ini terjadi karena tidak stabilnya energi matahari yang mengenai kolektor saat hari sudah menjelang sore.



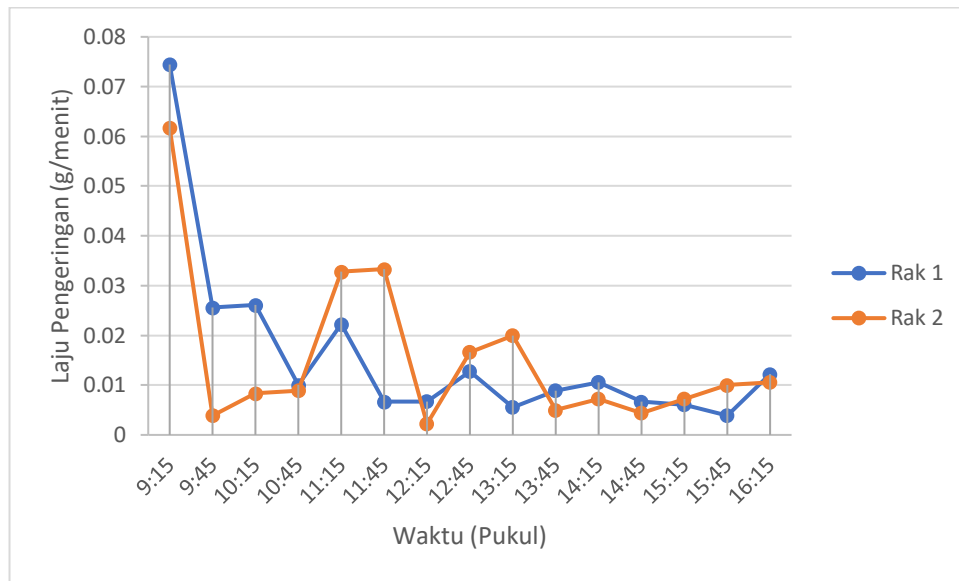
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan antara daya input biomassa terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)

Berdasarkan grafik hubungan daya input biomassa terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung konstan mengalami naik turun nilai tertinggi yaitu 11861,64 kJ pada jam 09.15 WITA dan nilai terendah yaitu 2987,37 kJ pada jam 12.15 WITA. Hal ini disebabkan karena tidak stabilnya energi input dari pembakaran biomassa yang masuk ke dalam ruang pengering.



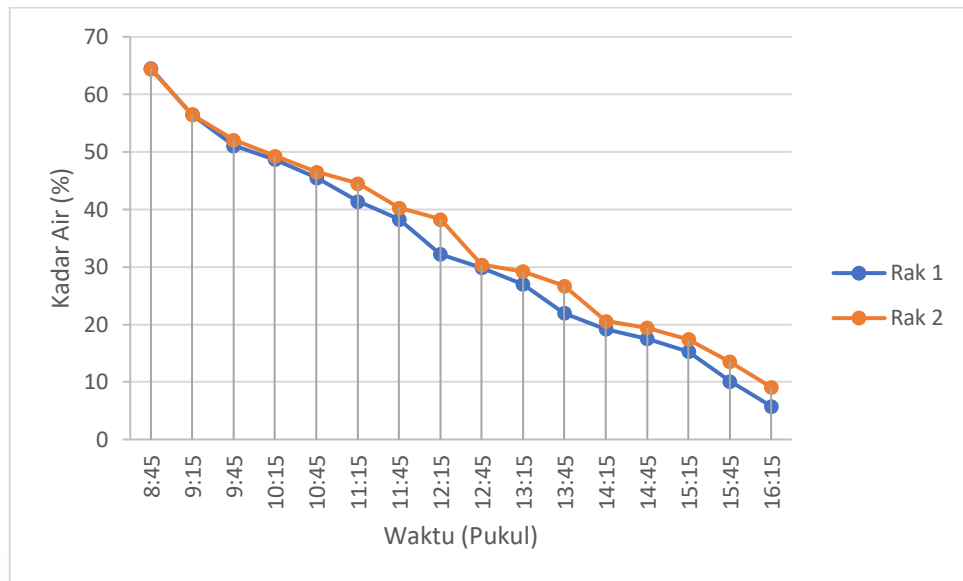
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan antara daya output terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)

Berdasarkan grafik hubungan daya output sistem hybrid terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami penurunan sesekali mengalami kenaikan nilai tertinggi daya output yaitu sebesar 583,74 kJ pada jam 09.15 WITA dan nilai terendah yaitu sebesar 35,57 kJ pada jam 12.15 WITA. Hal ini disebabkan karena tidak maksimalnya daya input sehingga mempengaruhi daya output.



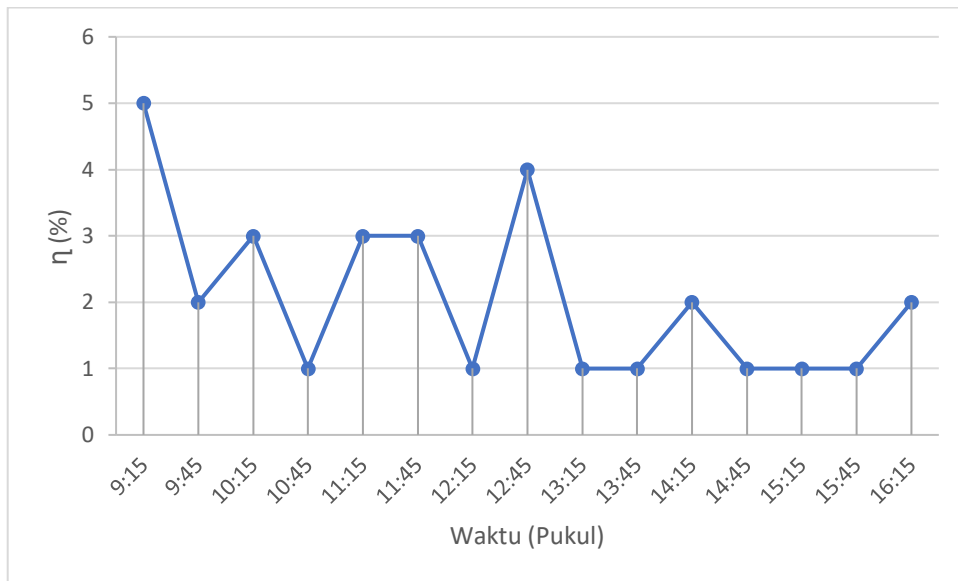
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)

Berdasarkan grafik hubungan laju pengeringan setiap rak terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa laju pengeringan tertinggi pada rak 1 yaitu sebesar 0,07444 g/s pada jam 09.15 WITA, pada rak 2 yaitu sebesar 0,06167 g/s pada jam 09.15 WITA Perbedaan nilai laju pengeringan setiap raknya berbeda-beda karena dipengaruhi oleh peletakan masing-masing rak.



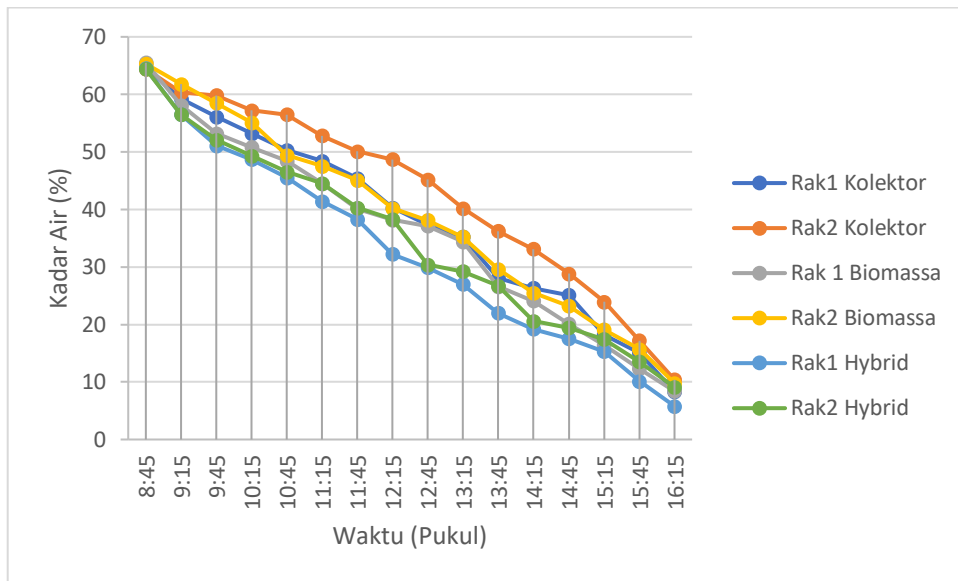
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian Secara *Hybrid*)

Berdasarkan grafik hubungan kadar air setiap rak terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami penurunan seiring perubahan waktu dimana kadar air awal pada rak 1 yaitu 64,5 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 5,8 % pada jam 16.15 WITA. Sedangkan kadar air awal pada rak 2 yaitu 64,4 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 9,1% pada jam 16.15 WITA.



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara efisiensi terhadap waktu (Pengujian Secara Hybrid)

Berdasarkan grafik efisiensi ruang pemanas menggunakan sistem hybrid terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami naik turun dimana efisiensi tertinggi yaitu sebesar 5% dan efisiensi terendah yaitu sebesar 1% hal ini disebabkan kurang maksimalnya energi input yang masuk ke dalam ruang pengering sehingga mempengaruhi energi output.



Gambar 4. 8 Grafik Pembandingan Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian Secara Kolektor, Biomassa, dan *Hybrid*)

Berdasarkan grafik hubungan kadar air setiap rak terhadap waktu dapat disimpulkan bahwa grafik cenderung mengalami penurunan seiring perubahan waktu di mana pada percobaan kolektor kadar air awal pada rak 1 yaitu 64,6 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 8,3 % pada jam 16.15 WITA. Kadar air awal pada rak 2 yaitu 64,4 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 10,4% pada jam 16.15 WITA. Pada percobaan biomassa kadar air awal pada rak 1 yaitu 65,5 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 8,4 % pada jam 16.15 WITA. Kadar air awal pada rak 2 yaitu 65,3 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 9,8% pada jam 16.15 WITA. Pada percobaan *hybrid* kadar air awal pada rak 1 yaitu 64,5 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 5,8 % pada jam 16.15 WITA. Kadar air awal pada rak 2 yaitu 64,4 % pada jam 08.45 WITA hingga mencapai kadar air akhir 9,1% pada jam 16.15 WITA. Dapat disimpulkan bahwa kadar air akhir pada

pengeringan secara *hybrid* lebih rendah daripada daripada pengeringan menggunakan kolektor ataupun biomassa.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan alat pemanas *hybrid* menggunakan energi surya dan energi biomassa dimulai dari mendesain alat. Selanjutnya dilakukan pembuatan alat yang terdiri dari kolektor termal, ruang pengering, *turbine ventilator*, alat penyaring asap, boks pengendali alat dan tungku pembakaran. Kemudian melakukan pengujian meliputi pengujian menggunakan kolektor, biomassa, dan pengujian dengan sistem *hybrid* menggunakan kolektor surya dan energi biomassa.
2. Kinerja dari Pengembangan Alat Pengering Bawang Merah Sistem *Hybrid* Menggunakan Energi Surya Dan Energi Biomassa yaitu objek yang dikeringkan tidak terkontaminasi dengan asap dikarenakan penambahan alat penyaring asap serta panas dalam ruang pengering teratur secara alami dikarenakan penambahan *turbine ventilator* diatas ruang pengering.

5.2 Saran

1. Mencari alat penyaring asap yang ketahanannya dalam jangka Panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi,S., & Salam, A. (2016). Analisis Pengaruh Penggunaan Plat Berfin Terhadap Peningkatan Kinerja Solar Water Heater. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Adhiwibowo, dkk, (2018). Distribusi Perdagangan Komoditas Bawang Merah Indonesia.(*online*),(<http://ejournal.unipma.ac.id/index.php/cheesa/article/view/7660/0>), diakses 12 Desember 2022).
- Aman, dkk, (2013). Kinerja Pengering Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak dengan Energi Surya, Biomassa dan Kombinasi. AGRITECH, Vol.37, NO.2.Mei2017.(*online*),(<https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/25989>), diakses 12 Desember 2022).
- Basmal, (1992). Karakteristik Pengering Bawang Merah Menggunakan Alat PengeringERK.(*online*),(<https://www.neliti.com/id/publications/98150/karakteristik-pengeringan-bawang-merah-alium-ascalonicum-l-menggunakan-alat-peng>), diakses 3 November 2022).
- Biano, dkk, (2022). Rancang Bangun Alat Pengering Kopra Tipe Rak Bertingkat dengan Pemanas Kolektor Surya dan Energi Biomasa. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Prodi D3 Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- BPS Kabupaten Enrekang, (2011). Kehidupan Sosial Ekonomi Petani Bawang Merah Batunoni Kecamatan Anggereja Kabupaten Enrekang. (*online*), (<https://ojs.unm.ac.id/JES/article/view/13196>), diakses 3 November 2022).
- Dhanika, (2010). Studi Keragaan Mesin Pengering Sistem Hybrid pada Pengolahan Mocaf. (*online*), (<https://jim.usk.ac.id/JFP/article/view/8134>), diakses 12 Desember 2022).
- Ismail Thamrin, (2010). Rancang Bangun Alat Pengering Ubi Kayu Tipe Rak dengan Memanfaatkan Energi Surya, (*online*)

- (<http://prosiding.bkstm.org/prosiding/2010/MI-086.pdf>), diakses 2 Januari 2023).
- Lumba, dkk, (2014). Analisis Kinerja Pengering Surya Tipe Rak Menggunakan Plar Ber-Fin dengan Aliran Konveksi Natural. Makassar: Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Manfaati, (2019). Pengaruh Waktu dan Suhu terhadap Pengeringan Bawang Merah. (*online*),(<https://jurnal.polban.ac.id/ojs-3.1.2/kimia/article/view/1596>), diakses 15 Agustus 2023).
- Misha, dkk, (2013). Karakteristik Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Pengering Baki. (*online*) (<https://media.neliti.com/media/publications/98150-ID-none.pdf>), diakses 12 Desember 2022).
- Mota, dkk, (2010). Pengeringan Bawang Merah Konvektif Evaluasi Kinetik dan Gizi. (*online*), (<https://media.neliti.com/media/publications/98150-ID-none.pdf>), diakses 23 November 2022).
- Prasat, dkk, (2006). Kajian Kinerja Evaluasi Pengering Hibrida untuk Kunyit di Desa Skala. (*online*), (<https://www-mdpi-com.translate.goog/2073-4395/12/6/1420? x tr sl=en& x tr tl=id& x tr hl=id& x tr pto=tc>), diakses 4 November 2022).
- Prasetyo, (2020).Tinjauan Proses Pembentukan dan Penggunaan Arang Sebagai BahanBakar.(*online*),(<https://ejurnal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/article/view/201>), diakses 20 Januari 2023).
- Rodrigues, dkk, (2003). Pengeringan Bawang Merah Secara Konvektif. (*online*), (<https://scholar.archive.org/work/74gzotizsbbx3ariztszmuista/access/wayback/http://ejournal.unipma.ac.id/index.php/cheesa/article/download/7660/pdf>), diakses 12 Desember 2022).

- Sasongko, (2020). Pengaruh Suhu Pengeringan dan Kelembaban Relatif Terhadap Mutu Irisan Bawang Bombai Kering. (*online*), (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7339060/&hl=id&sl=en&tl=id&client=srp&prev=search>), diakses 12 Desember 2022).
- Sinurat, (2011). Studi Pemnafaatan Briket Kulit Jambu Mete dan Tongkol Jagung sebagai Bahan Bakar Alternatif. (*online*), (<https://www.semanticscholar.org/paper/STUDI-PEMANFAATAN-BRIKET-KULITJAMBUMETEDANBAHANSinurat/69b0e808001ab8f7fa14b840587e5c3a0fe9939c>), diakses 12 Desember 2022).
- Sri Mulia Astuti, (2018). Teknik Pengeringan Bawang Merah dengan Cara Perlakuan Suhu dan Tekanan Vakum. (*online*), (<https://lib.ui.ac.id/detail?id=127553&lokasi=lokal>), diakses 2 Januari 2023).
- Suwasti, dkk, (2015). Impacts of Fin Varitation on the Performance of Shelf Trye Dryer Solar Dryer Akademia Baru. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Tahresia, dkk, (2016). Analisis presepsi petani terhadap penggunaan benih bawang merah local dan impor di Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. (*online*), (<https://www.neliti.com/id/publications/8555/analisis-persepsi-petani-terhadap-penggunaan-benih-bawang-merah-lokal-dan-impor>), diakses 4 November 2022).
- Teknik Kimia No. 2, Vol. 21, April (2015). Prototipe alat pengering biomassa rotari. (*online*), (<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/JTK/article/view/527>), diakses 23 November 2022).

L

A

M

P

I

R

A

N





LAMPIRAN A

(DAFTAR TABEL HASIL ANALISA DATA)

Lampiran A1

Tanggal : 21 Agustus 2023

Tabel Hasil Analisis Data Pengujian Dengan Menggunakan Kolektor

| No. | Waktu | I (W/m ²) | A _{kol} (m ²) | T _{kol} (°C) | T _{rata} (°C) | Q _{in kol} (kJ) | Q _{out} (kJ) | η (%) |
|-----|-------|-----------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------|-----------------------|-------|
| 1. | 08.45 | 498 | 1,01 | 49 | 45 | 905,364 | - | - |
| 2. | 09.15 | 560 | 1,01 | 50 | 49 | 1018,08 | 243,27 | 27 |
| 3. | 09.45 | 591 | 1,01 | 53 | 51 | 1074,438 | 123,77 | 12 |
| 4. | 10.15 | 601 | 1,01 | 55 | 54 | 1092,618 | 147,12 | 14 |
| 5. | 10.45 | 632 | 1,01 | 58 | 56 | 1148,976 | 132,61 | 12 |
| 6. | 11.15 | 697 | 1,01 | 62 | 59 | 1267,146 | 73,18 | 6 |
| 7. | 11.45 | 704 | 1,01 | 64 | 61 | 1279,872 | 84,81 | 7 |
| 8. | 12.15 | 763 | 1,01 | 66 | 65 | 1387,134 | 145,46 | 10 |
| 9. | 12.45 | 795 | 1,01 | 69 | 67 | 1445,31 | 95,99 | 7 |
| 10 | 13.15 | 815 | 1,01 | 70 | 69 | 1481,67 | 79,43 | 5 |

| | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------|----|----|----------|--------|----|
| 11. | 13.45 | 668 | 1,01 | 63 | 57 | 1214,424 | 111,18 | 9 |
| 12. | 14.15 | 645 | 1,01 | 61 | 56 | 1172,61 | 172,87 | 15 |
| 13. | 14.45 | 630 | 1,01 | 59 | 55 | 1145,34 | 106,67 | 9 |
| 14. | 15.15 | 610 | 1,01 | 57 | 53 | 1108,98 | 133,02 | 11 |
| 15. | 15.45 | 583 | 1,01 | 53 | 49 | 1059,894 | 71,55 | 7 |
| 16. | 16.15 | 430 | 1,01 | 48 | 39 | 781,74 | 122,86 | 15 |



Lampiran A2

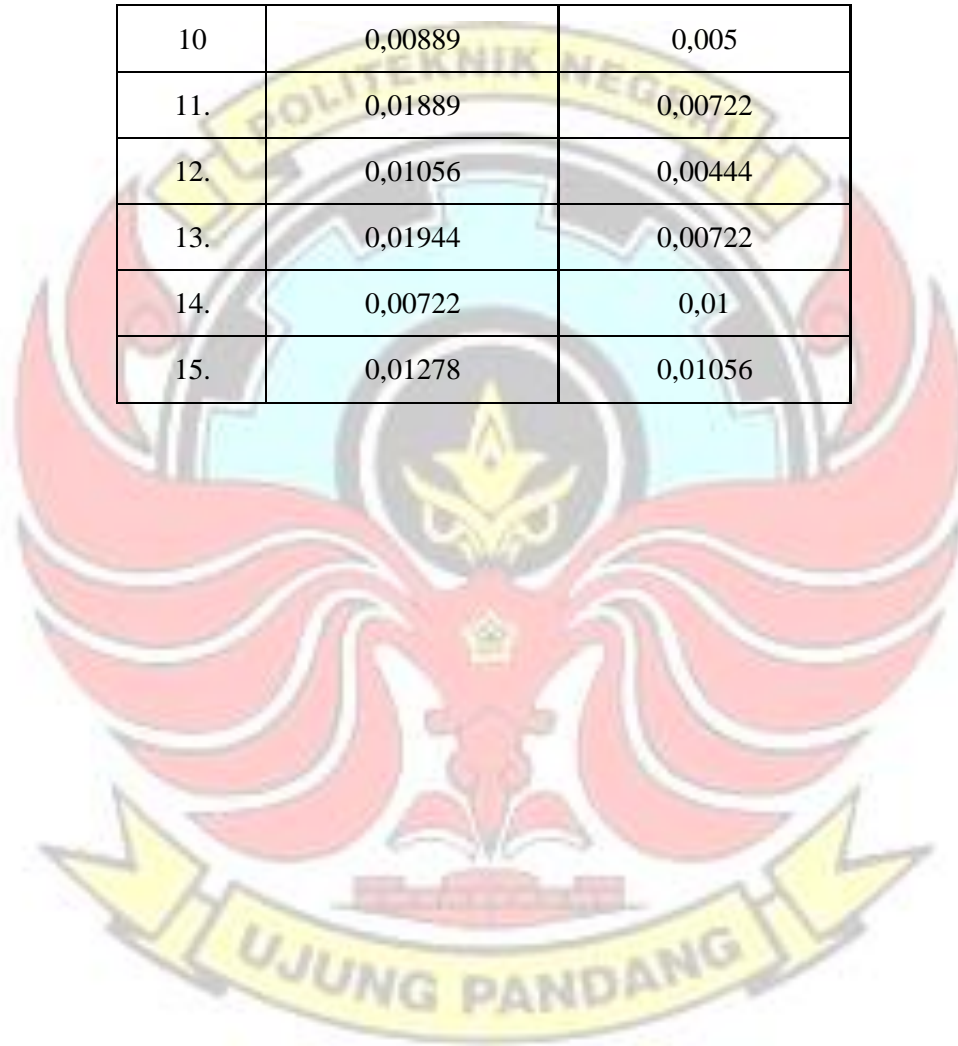
Tanggal : 21 Agustus 2023

Tabel Laju Pengeringan Setiap Rak Pengujian Menggunakan Kolektor



| No. | Laju Pengeringan (g/menit) | |
|-----|----------------------------|---------|
| | Rak1 | Rak2 |
| 1. | 0,04111 | 0,06167 |
| 2. | 0,01556 | 0,00389 |
| 3. | 0,01444 | 0,00833 |
| 4. | 0,01611 | 0,00889 |
| 5. | 0,00667 | 0,03278 |
| 6. | 0,01222 | 0,03333 |
| 7. | 0,01167 | 0,00222 |
| 8. | 0,01333 | 0,01667 |
| 9. | 0,00889 | 0,02 |

| | | |
|-----|---------|---------|
| 10 | 0,00889 | 0,005 |
| 11. | 0,01889 | 0,00722 |
| 12. | 0,01056 | 0,00444 |
| 13. | 0,01944 | 0,00722 |
| 14. | 0,00722 | 0,01 |
| 15. | 0,01278 | 0,01056 |



Lampiran A3

Tanggal : 22 Agustus 2023

Tabel Hasil Analisis Data Pengujian *Hybrid*

| No. | Waktu | I (W/m ²) | A _{kol} (m ²) | A _{bio} (m ²) | T _{kol} (°C) | T _{bio} (°C) | T _{rata} " (°C) | Q _{in kol} (kJ) | Q _{in bio} (kJ) | Q _{out} (kJ) | η (%) |
|-----|-------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------|
| 1. | 08.45 | 530 | 1,01 | 0,3 | 52 | 69 | 47 | 963,54 | - | - | 5 |
| 2. | 09.15 | 590 | 1,01 | 0,3 | 53 | 67 | 50 | 1072,62 | 11861,64 | 583,74 | 2 |
| 3. | 09.45 | 678 | 1,01 | 0,3 | 62 | 65 | 55 | 1232,604 | 6238,34 | 125,63 | 3 |
| 4. | 10.15 | 790 | 1,01 | 0,3 | 64 | 62 | 59 | 1436,22 | 3280,25 | 146,37 | 1 |
| 5. | 10.45 | 810 | 1,01 | 0,3 | 65 | 68 | 60 | 1472,58 | 9401,44 | 80,18 | 3 |
| 6. | 11.15 | 833 | 1,01 | 0,3 | 66 | 67 | 61 | 1514,394 | 6209,05 | 233,24 | 3 |
| 7. | 11.45 | 911 | 1,01 | 0,3 | 67 | 65 | 63 | 1656,198 | 4012,45 | 169,27 | 1 |
| 8. | 12.15 | 914 | 1,01 | 0,3 | 67 | 62 | 64 | 1661,652 | 2987,37 | 35,57 | 1 |
| 9. | 12.45 | 951 | 1,01 | 0,3 | 69 | 68 | 68 | 1728,918 | 1177,37 | 123,95 | 4 |
| 10 | 13.15 | 988 | 1,01 | 0,3 | 70 | 66 | 69 | 1796,184 | 7937,04 | 107,47 | 1 |
| 11. | 13.45 | 965 | 1,01 | 0,3 | 69 | 64 | 66 | 1754,370 | 5301,12 | 58,59 | 1 |


| | | | | | | | | | | | |
|-----|-------|-----|------|-----|----|----|----|----------|----------|-------|---|
| 12. | 14.15 | 854 | 1,01 | 0,3 | 67 | 62 | 64 | 1552,572 | 3338,83 | 75,15 | 2 |
| 13. | 14.45 | 762 | 1,01 | 0,3 | 63 | 59 | 59 | 1385,316 | 2811,64 | 47,21 | 1 |
| 14. | 15.15 | 758 | 1,01 | 0,3 | 60 | 69 | 56 | 1378,044 | 11480,89 | 56,83 | 1 |
| 15. | 15.45 | 609 | 1,01 | 0,3 | 59 | 65 | 52 | 1107,162 | 8288,50 | 59,44 | 1 |
| 16. | 16.15 | 457 | 1,01 | 0,3 | 46 | 58 | 42 | 830,826 | 4188,18 | 98,47 | 2 |



Lampiran A4

Tanggal : 22 Agustus 2023

Tabel Laju Pengeringan Setiap Rak Pengujian *Hybrid*



| No. | Laju Pengeringan (g/menit) | |
|-----|----------------------------|---------|
| | Rak1 | Rak2 |
| 1. | 0,07444 | 0,06167 |
| 2. | 0,02556 | 0,00389 |
| 3. | 0,02611 | 0,00833 |
| 4. | 0,01 | 0,00889 |
| 5. | 0,02222 | 0,03278 |
| 6. | 0,00667 | 0,03333 |
| 7. | 0,0067 | 0,00222 |
| 8. | 0,01278 | 0,01667 |
| 9. | 0,00556 | 0,02 |
| 10 | 0,00889 | 0,005 |

| | | |
|-----|---------|---------|
| 11. | 0,01056 | 0,00722 |
| 12. | 0,00667 | 0,00444 |
| 13. | 0,00611 | 0,00722 |
| 14. | 0,00389 | 0,01 |
| 15. | 0,01222 | 0,01056 |



Lampiran A5

Tanggal : 23 Agustus 2023

Tabel Hasil Analisis Data Pengujian Dengan Menggunakan Biomassa

| No. | Waktu | A _{kol} (m ²) | T _{bio} (°C) | T _{rata} " (°C) | Q _{in bio} (kJ) | Q _{out} (kJ) | η (%) |
|-----|-------|------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-------|
| 1. | 08.45 | 0,3 | 70 | 67 | 13238,17 | - | - |
| 2. | 09.15 | 0,3 | 67 | 64 | 9049,99 | 434,49 | 5 |
| 3. | 09.45 | 0,3 | 65 | 61 | 8317,79 | 82,45 | 1 |
| 4. | 10.15 | 0,3 | 62 | 57 | 7351,28 | 85,16 | 1 |
| 5. | 10.45 | 0,3 | 59 | 54 | 6062,61 | 118,64 | 2 |
| 6. | 11.15 | 0,3 | 57 | 53 | 4481,06 | 142,52 | 3 |
| 7. | 11.45 | 0,3 | 69 | 66 | 10895,13 | 74,99 | 1 |
| 8. | 12.15 | 0,3 | 66 | 63 | 8522,80 | 103,44 | 1 |
| 9. | 12.45 | 0,3 | 63 | 60 | 7966,33 | 77,82 | 1 |

| | | | | | | | |
|-----|-------|-----|----|----|----------|--------|---|
| 10 | 13.15 | 0,3 | 61 | 57 | 7116,98 | 141,94 | 2 |
| 11. | 13.45 | 0,3 | 58 | 52 | 6326,208 | 126,02 | 2 |
| 12. | 14.15 | 0,3 | 55 | 49 | 4539,64 | 145,48 | 3 |
| 13. | 14.45 | 0,3 | 69 | 66 | 10983 | 121,87 | 1 |
| 14. | 15.15 | 0,3 | 67 | 63 | 8552,09 | 70,53 | 1 |
| 15. | 15.45 | 0,3 | 65 | 59 | 8405,65 | 59,02 | 1 |
| 16. | 16.15 | 0,3 | 61 | 55 | 6941,25 | 97,19 | 1 |



Lampiran A6

Tanggal : 23 Agustus 2023

Tabel Laju Pengeringan Setiap Rak Pengujian Biomassa



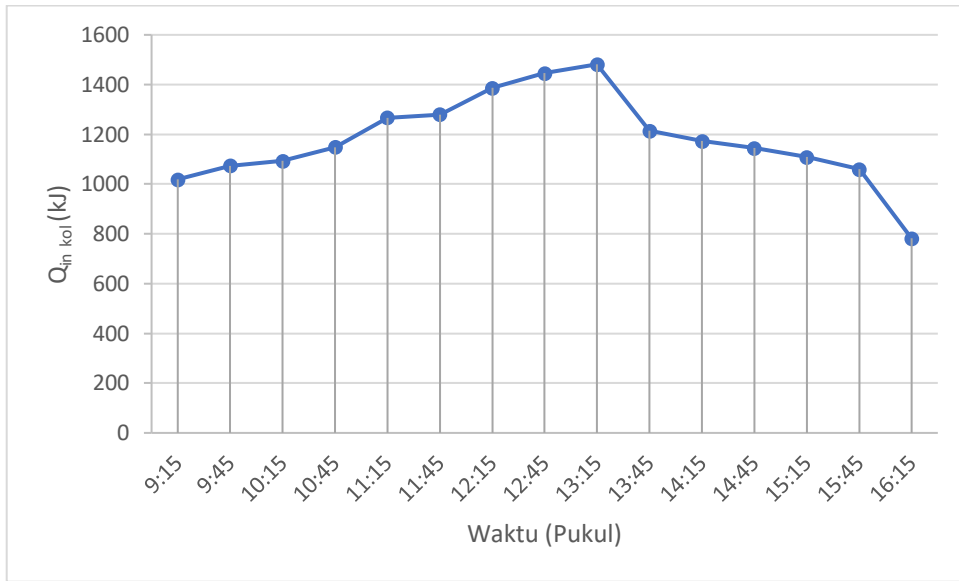
| No. | Laju Pengeringan (g/menit) | |
|-----|----------------------------|---------|
| | Rak1 | Rak2 |
| 1. | 0,05778 | 0,045 |
| 2. | 0,00944 | 0,01 |
| 3. | 0,01556 | 0,00444 |
| 4. | 0,01611 | 0,01167 |
| 5. | 0,01611 | 0,01722 |
| 6. | 0,00722 | 0,01056 |
| 7. | 0,01 | 0,01444 |
| 8. | 0,00833 | 0,01 |
| 9. | 0,01944 | 0,01389 |
| 10 | 0,01333 | 0,01611 |

| | | |
|-----|---------|---------|
| 11. | 0,01167 | 0,02222 |
| 12. | 0,01944 | 0,00944 |
| 13. | 0,00222 | 0,01444 |
| 14. | 0,01 | 0,00389 |
| 15. | 0,01556 | 0,00722 |

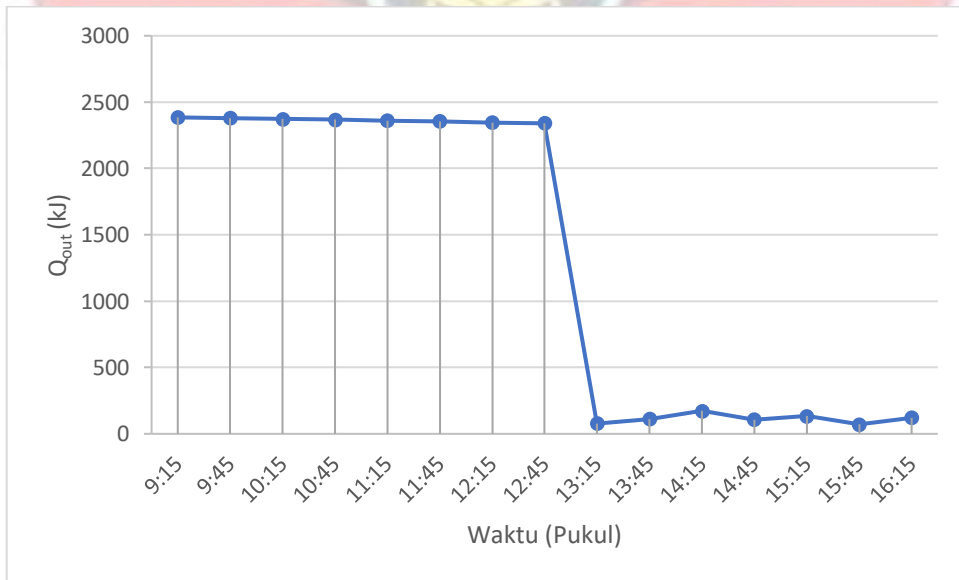




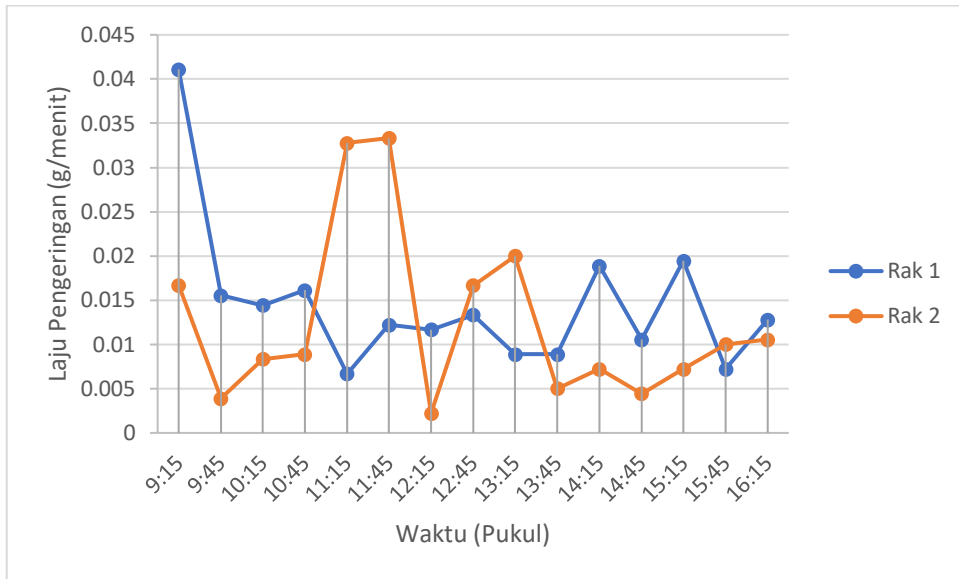
LAMPIRAN B
(GRAFIK)



Grafik Hubungan antara daya input kolektor terhadap waktu (Pengujian menggunakan kolektor)



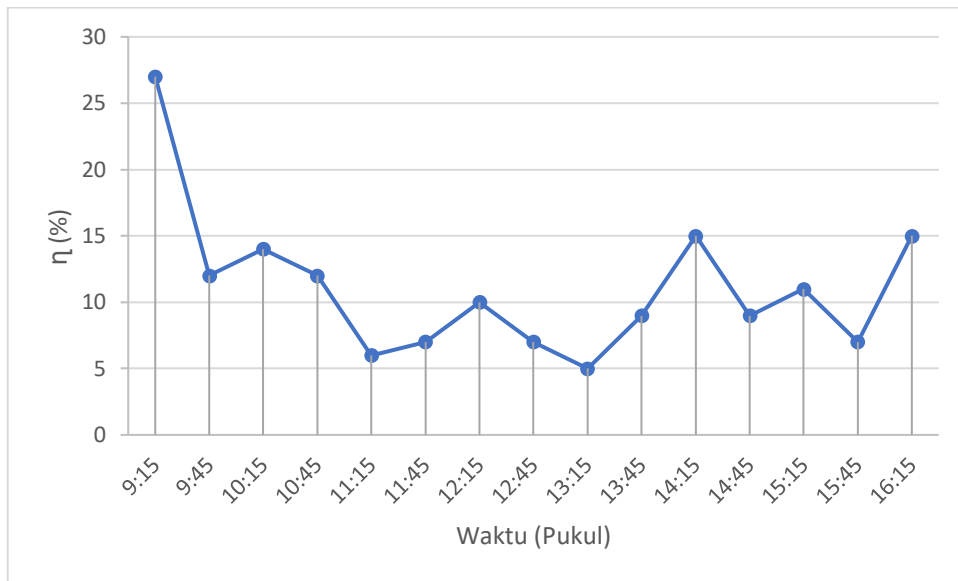
Grafik Hubungan antara daya output terhadap waktu (Pengujian menggunakan kolektor)



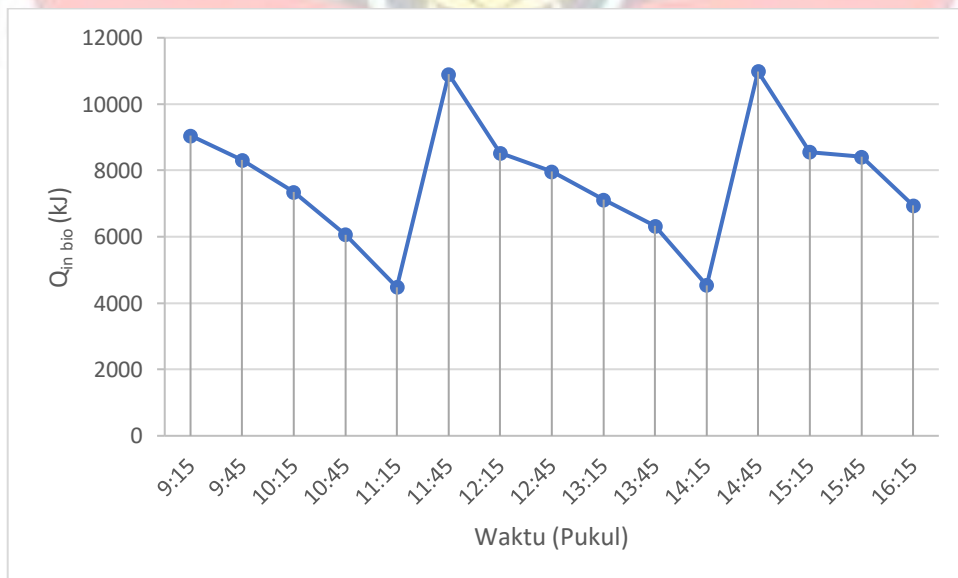
Grafik Hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu (Pengujian menggunakan Kolektor)



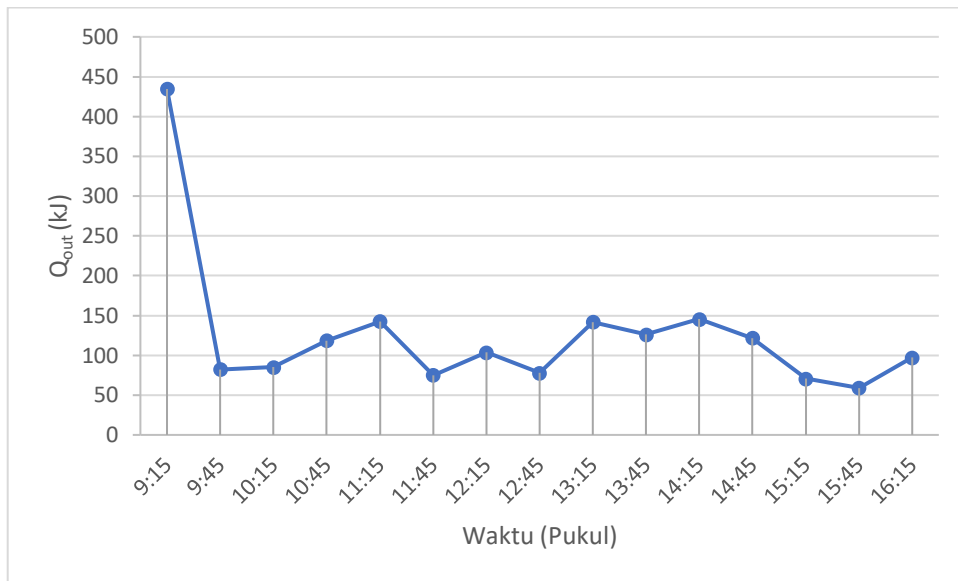
Grafik Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian menggunakan kolektor)



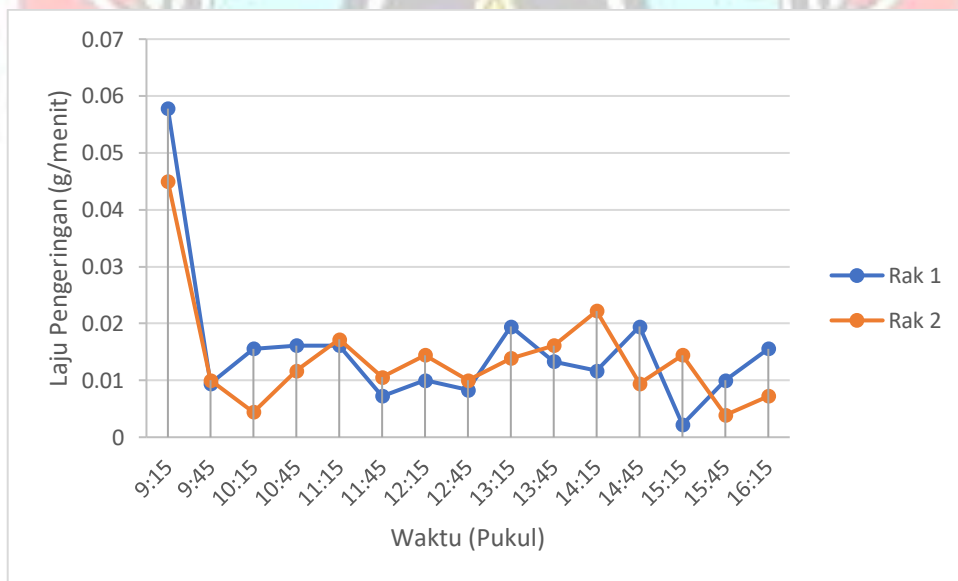
Grafik Hubungan antara efisiensi terhadap waktu (Pengujian menggunakan kolektor)



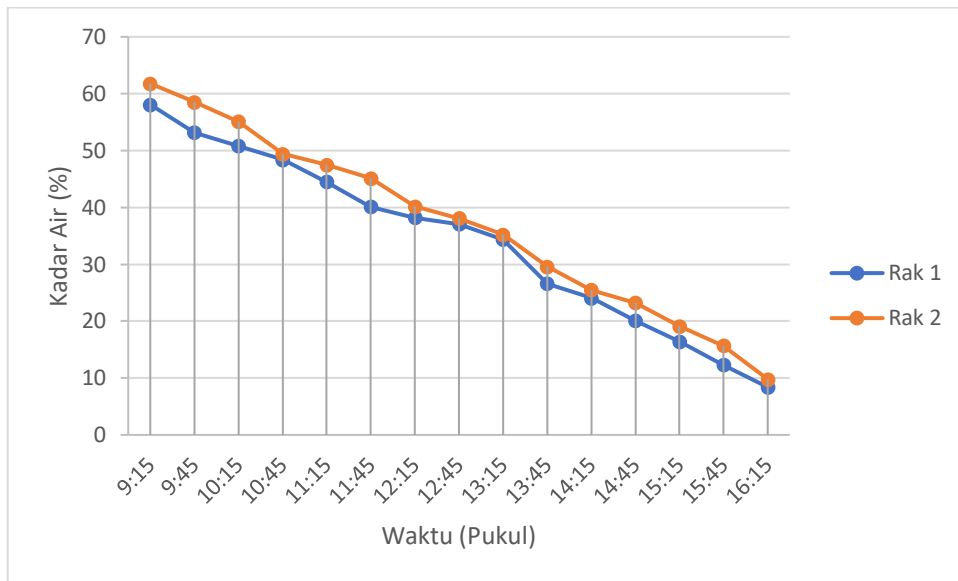
Grafik Hubungan antara daya input biomassa terhadap waktu (Pengujian menggunakan biomassa)



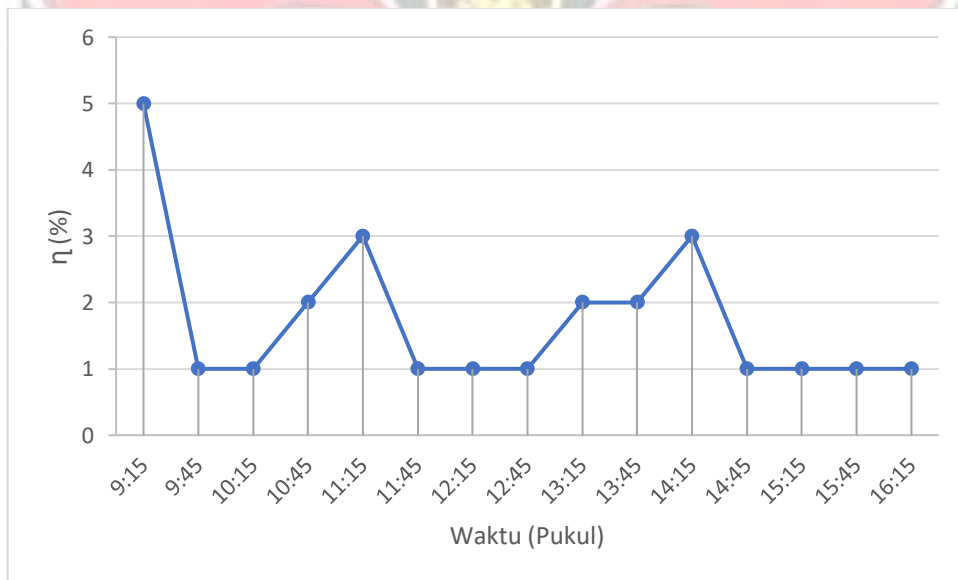
Grafik Hubungan antara daya output terhadap waktu (Pengujian menggunakan biomassa)



Grafik Hubungan antara laju pengeringan terhadap waktu (Pengujian menggunakan biomassa)



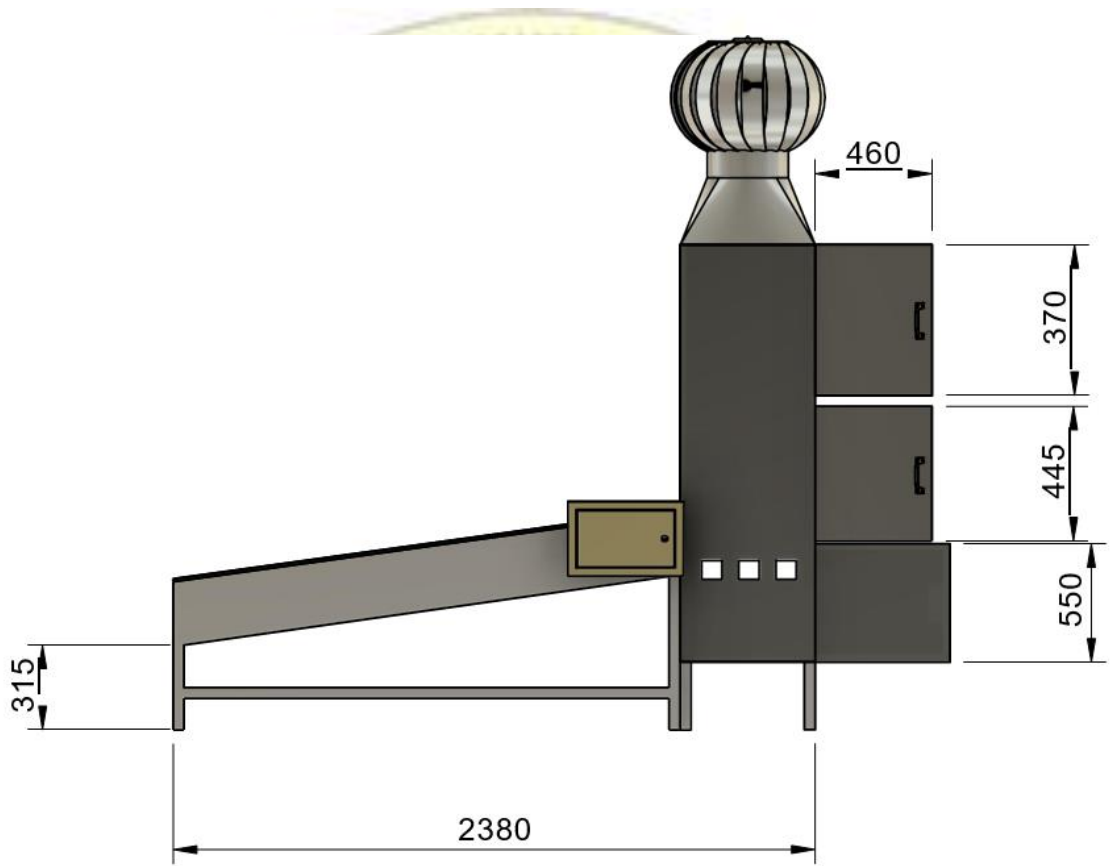
Grafik Hubungan antara kadar air terhadap waktu (Pengujian menggunakan biomassa)

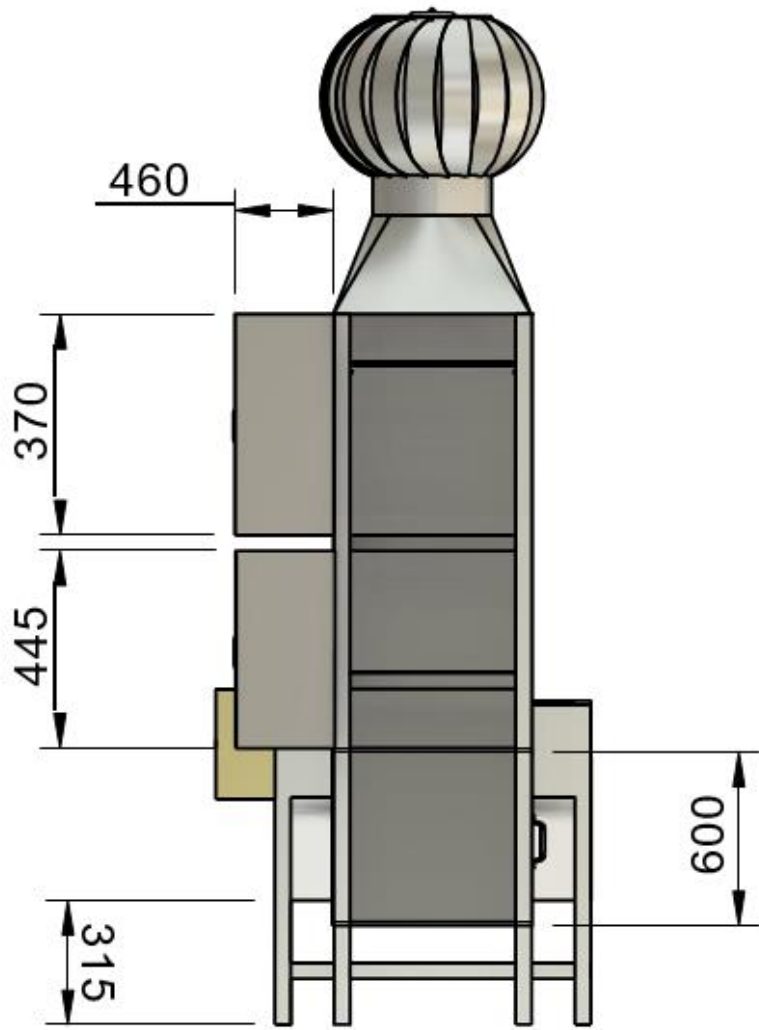


Grafik Hubungan antara efisiensi terhadap waktu (Pengujian menggunakan biomassa)



LAMPIRAN C
(SPESIFIKASI ALAT)







LAMPIRAN D
(DOKUMENTASI KEGIATAN)



Gambar Proses Pemasangan Aluminium Foil



Gambar Proses Pemotongan Besi Hollow untuk Rangka Alat



Gambar Proses Pengelasan Ruang Pengering



Gambar Proses Pembuatan Rangka Kolektor



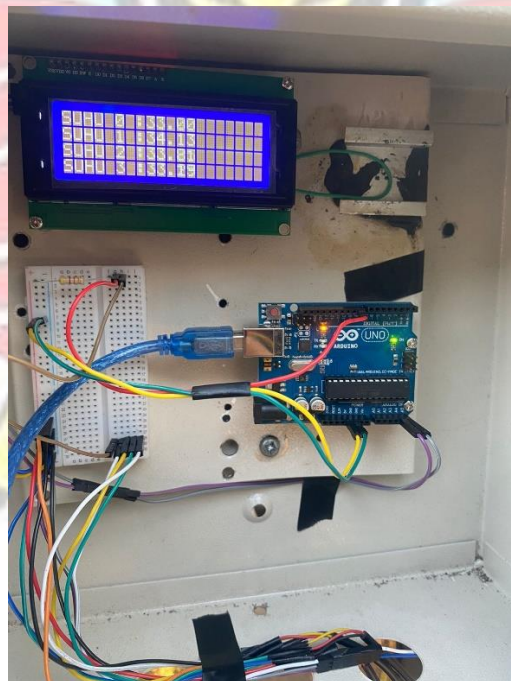
Gambar proses Pengambilan Data Intensitas Matahari



Gambar Proses Pengambilan Data Massa Bawang Merah



Gamabar Alat Ukur Kadar Air



Gamabar Alat Ukur Temperatur



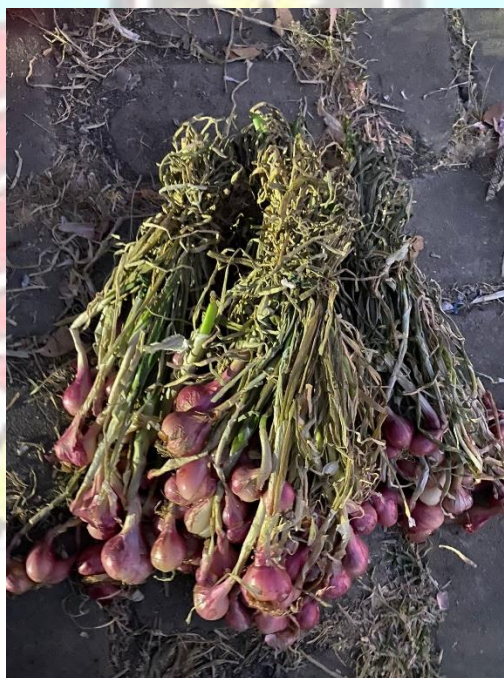
Gamabar Alat Ukur Timbangan Digital



Gamabar Alat Ukur *Pyranometer*



Gambar Bawang Merah Sebelum Dikeringkan



Gambar Bawang Merah Sesudah Dikeringkan



LAMPIRAN E
(PROGRAM SUHU)


```
4SENSORSUHU_New | Arduino 1.8.19
Berkas: Sketsa Alat Bantuan

4SENSORSUHU_New

//IDU id:
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

#include <OneWire.h> //Memanggil library OneWire yang diperlukan sebagai dependensi library Dallas Temperature
#include <DallasTemperature.h> // Memanggil library Dallas Temperature
#define ONE_WIRE_BUS // Menempatkan PIN hasil pemetaan sensor DS18B20 pada PIN 0.
//Garisbot One Wire karena kita bisa menempatkan sensor DS18B20 lain pada PIN yang sama

#define ONE_WIRE_BUS 0
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS); //Membuat variabel oneWire berdasarkan PIN yang telah didefinisikan
DallasTemperature sensors(&oneWire); //Membuat variabel untuk menyimpan hasil pengukuran

//Deklaras variabel suhu DS18B20 dengan jenis data float
float suhuDS18B20_0;
float suhuDS18B20_1;
float suhuDS18B20_2;
float suhuDS18B20_3;

int led = A2;
void setup()
{
  pinMode(led, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(led);
  digitalWrite(led);
}

void loop()
{
  sensors.requestTemperatures();
  float dataSuhu = sensors.getTempCByIndex();

  sensors.requestTemperatures(); // Perintah konversi suhu
  //Membaca data suhu dari sensor 0 dan mengkonversikannya ke nilai Celsius
  suhuDS18B20_0 = sensor.getTempByIndex(0);
  suhuDS18B20_1 = sensor.getTempByIndex(1);
  suhuDS18B20_2 = sensor.getTempByIndex(2);
  suhuDS18B20_3 = sensor.getTempByIndex(3);
}
```

```
4SENSORSUHU_New | Arduino 1.8.19
Berkas: Sketsa Alat Bantuan

4SENSORSUHU_New

// suhuDS18B20_0 = (suhuDS18B20_0*9/5) + 32;
// suhuDS18B20 = suhuDS18B20 + 273,15;

Serial.println("Sensor 0 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20_0, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_0, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_0, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_0, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println("C");

Serial.println("Sensor 1 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20_1, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_1, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_1, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_1, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println("C");

Serial.println("Sensor 2 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20_2, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_2, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_2, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_2, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println("C");

Serial.println("Sensor 3 : ");
//Serial.println(suhuDS18B20_3, 1); //Presisi 1 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_3, 2); //Presisi 2 digit
//Serial.println(suhuDS18B20_3, 3); //Presisi 3 digit
Serial.println(suhuDS18B20_3, 4); //Presisi 4 digit
Serial.println("C");

led digitalWrite(led, HIGH);
led.println("SUHU 0");
led.println(sensors.getTempCByIndex(0));

led digitalWrite(led, LOW);
led.println("SUHU 1");
led.println(sensors.getTempCByIndex(1));

led digitalWrite(led, HIGH);
led.println("SUHU 2");
led.println(sensors.getTempCByIndex(2));

led digitalWrite(led, LOW);
led.println("SUHU 3");
led.println(sensors.getTempCByIndex(3));
```

```
4SENSORSUHU_New | Arduino 1.8.19
Berkas Sunting Sketch Alat Bantuan
4SENSORSUHU_New

Serial.println("Sensor 2 : ");
//Serial.println(sensor1(180)); //Frekuensi 1 digit
//Serial.println(sensor1(180)); //Frekuensi 3 digit
//Serial.println(sensor1(180)); //Frekuensi 3 digit
Serial.println(sensor1(180)_2_4); //Frekuensi 4 digit
Serial.println(" ");

Serial.println("Sensor 3 : ");
//Serial.println(sensor2(180)); //Frekuensi 1 digit
//Serial.println(sensor2(180)); //Frekuensi 3 digit
//Serial.println(sensor2(180)); //Frekuensi 3 digit
Serial.println(sensor2(180)_3_4); //Frekuensi 4 digit
Serial.println(" ");

int sensor(0, 0);
int sensor("D000 0 *");
int sensor(sensor_getTempChyIndex(0));
int sensor(0, 1);
int sensor("D000 1 *");
int sensor(sensor_getTempChyIndex(1));
int sensor(0, 2);
int sensor("D000 2 *");
int sensor(sensor_getTempChyIndex(2));
int sensor(0, 3);
int sensor("D000 3 *");
int sensor(sensor_getTempChyIndex(3));



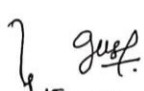
delay(500);
if (sensor_getTempChyIndex(0) <= 30)
{
  digitalWrite (Led, LOW);
}
else if (sensor_getTempChyIndex(0) > 30)
{
  digitalWrite (Led, HIGH);
}
}
```




LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Nurkhalifah/Nurasikin/Yan Pebrian
 NIM : 34220057/34220060/34220069

Catatan Daftar Revisi Penguji :

| No. | Nama | Uraian | Tanda Tangan |
|-----|--------------------------|---|---|
| 1. | Prof. Dr. Ir. Fiman, M.T | a) Cantumkan teknik analisis data di tinjauan pustaka. ✓ (persamaan yg digunakan haruslah mengacu pada persamaan di tinjauan pustaka. ✓ b) Revisi perhitungan/persamaan di hal. 45-46 ✓ c) Satuan harus ditulis secara konsisten (hal. 42) ✓ d) Loss energi perlu dianalisis ✓ |  6/12/2023 |
| 2. | Abdul Rahman, S.T., M.T. | a) cantumkan gambar potongan alat dari berbagai sisi di Bab 3 ✓ b) selaraskan pengembangan alat di metode (Bab 3) ✓ c) Cantumkan gambar alat sebelum dan sesudah pengembangan di Bab 3 ✓ d) Review dan revisi perhitungan di hal. 46-47 ✓ e) Cari kadar air ✓ f) Cek kembali standar temperatur C di diagram alir ✓ g) Revisi kembali lama pengeringan dengan matahari untuk data perhitungan |  6/12/2023 |
| 3. | Gusni E/Al. S. Pd. M.Pd | a) Revisi daftar isi, ringkasan, penulisan kalimat di Bab I-5, revisi kesimpulan b) Revisi sumber kutipan & gambar c) Revisi Daftar Pustaka d) Revisi judul & grafik |  15/12/2023 |

Makassar, 22 September 2023
 Ketua Ujian Sidang,


 Muh. Yusuf Yunus, SST., M.T.
 NIP 198008202005011001

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.