Jurnal Vokasi Mekanika, Vol. 7, No. 1, February 2025
e-ISSN 2656-1697; p-ISSN 2656-2812

Analysis of the Use of Wood Pellet Fuel in Biomass Furnaces

Rizki Agustian[1*], Yolli Fernanda[1], Arwizet K[1], Andre Kurniawan[1]

[1]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, **INDONESIA**

*Corresponding author: rizki26november@gmail.com
Received November 21th 2024; Revised January 6th 2025; Accepted January 14th 2025

Abstract

The level of use of fossil fuels in the world is increasing along with the increase in human population and the increasing rate of industrialization. If consumption of these fuels is not limited then the fuel oil (BBM) crisis is just a matter of time. The use of biomass as an energy source has positive value because theoretically it does not produce CO2 which is a greenhouse gas. However, the use of conventional biomass stoves in society generally still has problems with exhaust gas emissions from combustion and efficiency. In this research, a biomass stove was designed that can reduce exhaust emissions and increase the efficiency of the stove. The method used is by varying the mass of wood pellets in relation to the boiling time of the water that is put into the combustion chamber with variations of 300 grams, 400 grams, 500 grams, 600 grams and 1400 grams (fills the combustion chamber). With these five test variations, we can find out how much influence the variation in wood pellet mass, biomass stove variations have on the combustion process in the stove, as well as how long the test lasts. The results of the research show that variations in the mass of wood pellets greatly influence the boiling time of water, with a mass of 300 grams the boiling time has not yet reached the boiling point of the water, with a mass of 400 grams it gets 23 minutes, with a mass of 500 grams it gets 25 minutes, with a mass 600 grams can be obtained in 26 minutes.

Keywords: water; combustion; biomass stove; wood pellets;

Jurnal Vokasi Mekanika, Vol. 7, No. 1, February 2025
e-ISSN 2656-1697; p-ISSN 2656-2812

Analisa Penggunaan Bahan Bakar Pellet Kayu pada Tungku Biomassa

Abstrak

Tingkat pemakaian bahan bakar fosil didunia semakin meningkat seiring meningkatnya populasi manusia dan meningkatnya laju industrialisasi, apabila konsumsi bahan bakar ini tidak dibatasi maka krisis bahan bakar minyak (BBM) tinggal menunggu waktu. Penggunaan biomasa sebagai sumber energi memiliki nilai positif karena secara teoritis tidak menghasilkan CO2 yang merupakan gas rumah kaca. Namun penggunaan tungku biomassa konvensional di masyarakat umumnya masih memiliki permasalahan emisi gas buang hasil pembakaran dan efisiensi. Pada penelitian ini di rancang tungku biomassa yang dapat mengurangi emisi gas buang dan meningkatkan efisiensi dari tungku tersebut. Metode yang di pakai yaitu dengan memvariasikan massa pellet kayu terhadap lama pendidihan air yang di masukkan ke dalam ruang bakar dengan variasi 300 gram, 400 gram, 500 gram, 600 gram dan 1400 gram (memenuhi ruang bakar). Dengan kelima variasi pengujian tersebut dapat kita ketahui seberapa besar pengaruh dari variasi massa pellet kayu, variasi tungku biomassa terhadap proses pembakaran di dalam tungku, serta lama waktu pengujian berlangsung. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi massa pellet kayu sangat berpengaruh pada lama pendidihan air, pada massa 300 gram didapat waktu mendidih belum mencapai titik didih pada air, pada massa 400 gram di dapat 23 menit, pada massa 500 gram di dapat 25 menit, pada massa 600 gram di dapat 26 menit.
Kata kunci: air; pembakaran; tungku biomassa; pellet kayu;

I. PENDAHULUAN

Tingkat pemakaian bahan bakar fosil didunia semakin meningkat seiring meningkatnya populasi manusia dan meningkatnya laju industrialisasi, apabila konsumsi bahan bakar ini tidak dibatasi maka krisis bahan bakar minyak (BBM) tinggal menunggu waktu. Pengurangan konsumsi bahan bakar fosil sesuai dengan *blue print* pengelolaan energi nasional 2005-2025, kebijakan indonesia memilki sasaran salah satunya adalah meningkatkan energi terbarukan (penggunaan energi biomassa) menjadi 15 % dari total pemakaian sumber energi(Mulyanto et al., 2016).

Menurut (Haryanto & Triyono, 2012) penggunaan biomasa sebagai sumber energi memiliki nilai positif karena secara teoritis tidak menghasilkan CO2 yang merupakan gas rumah kaca. Tetapi, sebagian besar penggunaan biomasa dilakukan menggunakan tungku tradisional dengan pembakaran langsung terbuka yang tidak efisien. Di negara berkembang, tungku-tungku tradisional ini menghabiskan biomassa berlebih, dikarenakan perpindahan panas yang tidak efisien(Iriyanti & S, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk rancang bangun dan analisis efisiensi tungku biomassa berbahan bakar pellet sehingga dapat diketahui potensi atau penggunaan pellet sebagai bahan bakar di industri dan polusi yang akan dihasilkan dari tungku biomassa ini dalam proses pembakaran bahan bakar biomassa. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis melakukan penelitian tentang "*analisa penggunaan bahan bakar pellet kayu pada tungku biomassa"* dengan memvariasikan tungku biomassa.

Biomassa

Biomassa didefinisikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar.(Muhammad et al., 2021). Secara umum sumber-sumber biomassa antara lain tongkol jagung, jerami, material kayu atau kulit kayu, potongan kayu, sampah kota misalnya sampah kertas dan tanaman sumber energy seperti minyak kedelai, alfafa, poplras, dan lain sebagainya (Soolany, 2018).

Penyediaan energi biomassa di Indonesia memiliki peran penting di dalam masyarakat Indonesia, terkhusus di pedesaan, 80% masyarakat pedesaan di Indonesia masih menggunakan kayu bakar, kelapa sawit, tempurung kelapa(Pakaya, 2021). Emisi yang di hasilkan oleh biomassa juga tidak ada di bandingkan dengan bahan bakar dari fosil(Tampubolong, 2013).

Pellet Kayu

Pellet kayu/pellet energi adalah bahan bakar nabati yang terbuat dari bahan organik atau biomassa yang terkompresi(Subagyo et al., 2022). Menilik dari sejarahnya, produksi pellet kayu/pellet energi di dunia, tepatnya di Eropa dan Amerika Utara dimulai dan dilatar belakangi oleh terjadinya krisis minyak bumi yang terjadi pada tahun 1973 hingga 1979. Sejak saat itu beragam jenis dan bentuk pengemasan pellet kayu/pellet energi dengan mudah dapat kita jumpai dipasaran energi(Rudianto Amirta, 2018).

Dibawah ini merupakan gambar dari pellet kayu yang ada di pasaran:



Gambar 1. Beragam produk pellet kayu/ pellet energi di pasar dunia

Berikut adalah beberapa alasan yang melatarbelakangi peran penting penggunaan pellet kayu sebagai sumber energi di dunia. Alasan-alasan tersebut adalah(Sulistio et al., 2020):

1. Potensinya yang signifikan, serta mampu memberikan manfaat sosial, ekonomi, dan lingkungan dari penggunaan pellet kayu sebagai sumber energi yang berkelanjutan, terutama dalam konteks krisis energi dan lingkungan saat ini yang muncul dari penggunaan bahan bakar fosil secara ekstensif.
2. Peningkatan yang progresif dalam harga bahan bakar fosil menyebabkan tingginya biaya energi di banyak aplikasi dan pellet kayu adalah sumber energy alternatif utama yang secara potensial dapat menggantikan hampir semua kategori teknologi/aplikasi berbasis bahan bakar fosil tersebut.
3. Perkembangan teknologi yang terkait dengan konversi energi serta manajemen sumber daya menjanjikan pellet kayu dengan biaya lebih rendah dan dengan efisiensi konversi yang lebih tinggi daripada yang mungkin dilakukan sebelumnya.
4. Beberapa sumber daya biomassa saat ini dianggap sebagai bahan limbah dan konversi ke energi adalah salah satu cara yang efektif untuk mengelolanya menjadi pellet kayu.

Proses Pembakaran

Proses konversi sebuah biomassa sebagai bahan bakar tidak terlepas dari yang namanya pembakaran (*combustion)*. Pembakaran (*combustion*) adalah proses terjadinya oksidasi yang sangat cepat antara bahan bakar dan oksidator yang dapat mengakibatkan terjadiya panas dan nyala(Arif et al., 2022).

Suatu reaksi pembakaran dikatakan sempurna dapat terjadi jika bahan bakar bereaksi secara cepat dengan oksigen (O_2) dan dapat menghasilkan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Namun pada penelitian ini peneliti tidak meneliti pembakaran sempurna, karena sangat sulit untuk memastikan proses pembakaran yang sempurna dengan rasio ekuivalen yang tepat dari udara**.** Jika terjadi pembakaran tidak sempurna, maka hasil persamaan CO_2 dan H_2O tidak akan terjadi tetapi terbentuk hasil persamaan hasil oksidasi parsial berupa CO,CO_2, dan H_2O, juga sering hidrokarbon tak jenuh serta terdapat juga karbon(Koehuan VA, Milo E, 2022).

Tungku Biomassa

Tungku biomassa adalah sebuah alat yang biasanya berguna untuk memasak dan biasa disebut kompor(Latif & Tjiroso, 2020). Bahan bakar tungku biasanya terbagi menjadi tiga jenis antara lain, cair, padat, dan gas.

Penggunaan pellet kayu harus di barengi serta di siapkan kompor atau tungku, jenis dan ukuran Kompor harus di sesuaikan dengan kebutuhan(Widiasa et al., 2024). Pada prinsipnya Kompor/Tungku terdiri dari atas 2 jenis :

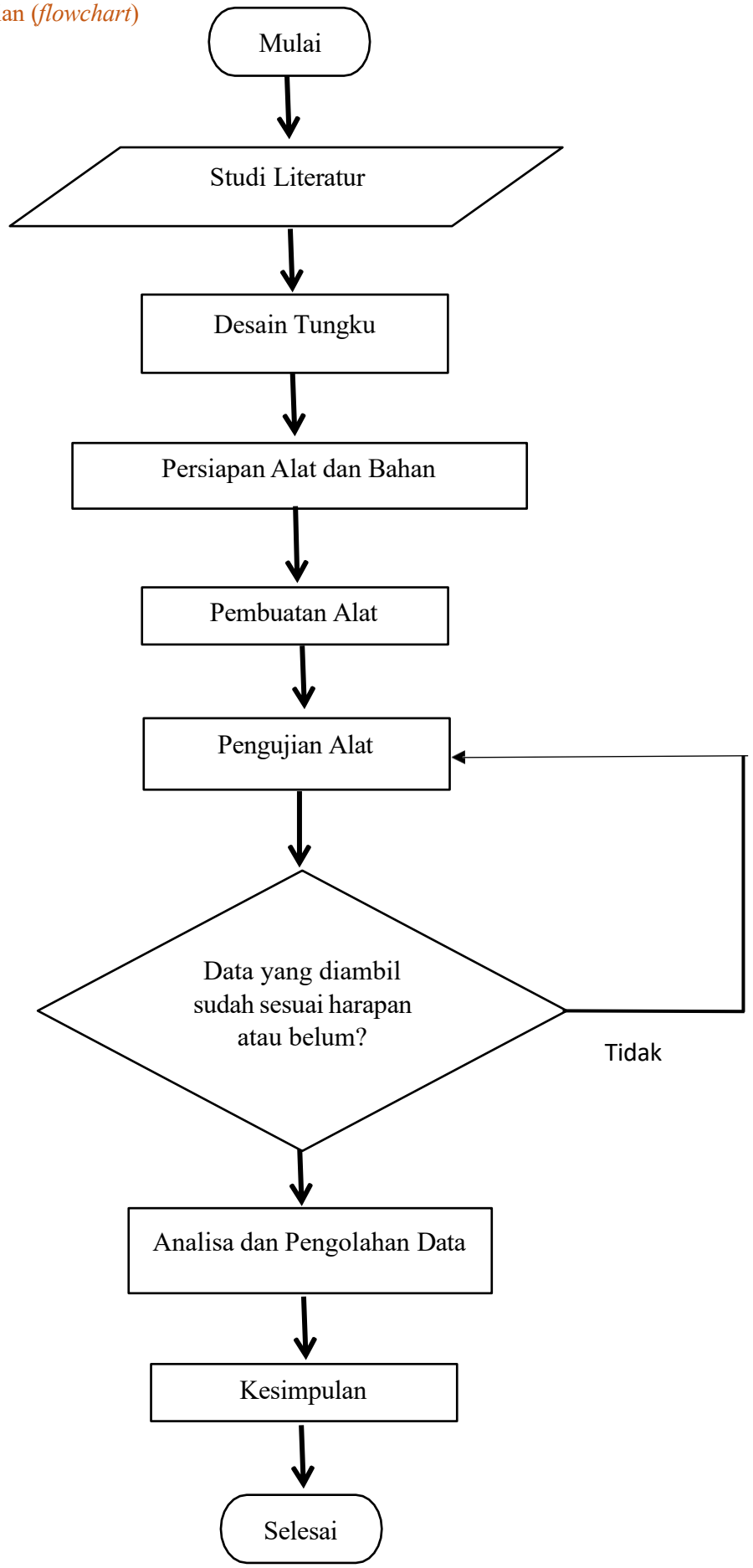
1. Tungku/Kompor portable, jenis ini pada umumnya membuat pellet antara 1 s/d 8 kg serta dapat dipindahkan-pindahkan. Jenis ini digunakan untuk keperluan rumah tangga atau rumah makan.
2. Tungku/Kompor Permanen, memuat lebih dari 8 kg pellet di buat secara permanen. Jenis ini di pergunakan untuk industri kecil/menengah.

Persyaratan kompor/tungku harus memeiliki ruang bakar untuk pellet, adanya aliran udara (oksigen) dari lubang bawah menuju lubang atas dengan melewati ruang bakar pellet yang terdiri dari aliran udara primer dan sekunder, ada ruang untuk menampung abu pellet yang terletak di bawah ruang bakar(Nasution et al., 2022).

II. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang akan dilakukan penulis adalah eksperimen dengan memvariasikan massa pellet kayu,metode yang di pakai yaitu WBT (*water boiling tester*), penelitian ini dimulai dari persiapan bahan, pembuatan tungku dan pembakaran didalam ruang bakar tungku. Eksperimen dilakukan guna untuk mendapatkan efisiensi pembakaran pada tungku.

Diagram Alir Penelitian (*flowchart*)



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Fasilitas Penelitian

A. Bahan Penelitian

1. Pellet Kayu



Gambar 2. Pellet Kayu

2. Air



Gambar 3. Air Rebusan

B. Alat Penelitian

1. Tungku Biomassa

   Tungku biomassa yang dipakai adalah hasil perancangan sendiri dengan melihat acuan dari tungku-tungku sebelumnya. Pada tungku yang saya buat memiliki perbedaan baik dari ukuran pot, grate, bentuk tungku, besar tungku, dan bahan bakar yang digunakan. Berikut gambar tungku yanag akan digunakan :



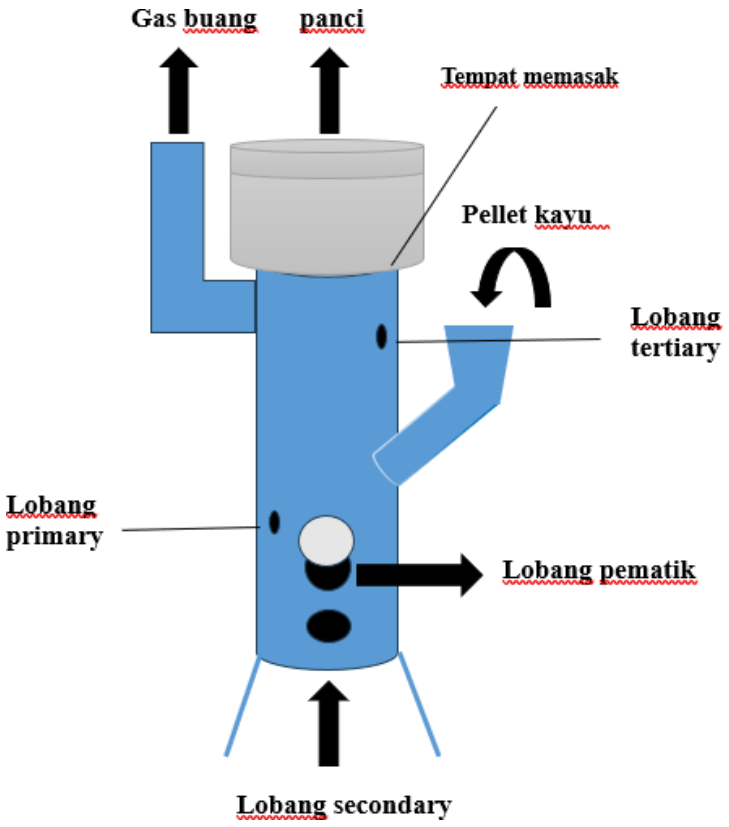
Gambar 4. Gambar tungku biomassa

2. Termokopel
3. Timbangan
4. Stopwatch
5. Pematik api
6. Gelas ukur
7. Panci

Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang di gunakan untuk pengujian pada tungku biomassa yaitu :

1. Siapkan alat dan bahan untuk melakukan pengujian.
2. Menyiapkan air sebanyak 1500 ml.
3. Siapkan termokopel untuk mengukur temperature air.
4. Menyiapkan tungku pada suhu ruang.
5. Menimbang pellet kayu yang di mulai dari 300 gram, 400 gram, 500 gram, 600 gram, dan 1400 gram (memenuhi ruang bakar). Selanjutnya memasukkan bahan bakar pada ruang bakar tungku.
6. Menyalakan api pada bahan bakar yang ada di ruang pembakaran.
7. Menyiapkan dan menjalankan *stopwatch* pada skala 00:00 untuk menghitung waktu mulai, dan mematikan alat tersebut ketika api padam atau mati.
8. Lakukan pencatatan hasil pengukuran ketika pengujian
9. Lakukan proses pengujian dengan mendinginkan tungku hingga kembali pada temperatur suhu ruang untuk melakukan pengujian kembali dengan massa pellet kayu yang berbeda-beda.



Gambar 5. Skema alat pengujian

Rumus-Rumus yang digunakan

Dalam pengujian yang saya lakukan, untuk mengetahui seberapa pengaruh massa pellet dengan waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih dapat dilakukan dengan beberapa rumus dibawah ini :

$$\text{Aktual} = \frac{Nilai\ Kalor\ BB}{Lama\ habis\ BB}$$

$$\text{Real} = \frac{Nilai\ Kalor\ Pendidihan}{Waktu\ (t)}$$

$$\eta_{Tungku} = \frac{Nilai\ Kalor\ Pendidikan}{Nilai\ Kalor\ BB}$$

$$NK_{bb} = HHV_{bb} \cdot m_{bb}$$

$$NKP = m_{air} \cdot c_p\ \Delta T + m_{uap} \cdot c_p\ \Delta T$$

$$m_{uap} = m_{air\ awal} - m_{air\ akhir}$$

Keterangan :

NK_{bb} = Nilai Kalor bahan bakar (kJ/kg)

m = Massa air (kg)

c = Kalor jenis air (J/kg. $°C$

ΔT = Perubahan temperatur ($°C$)

HHV_{bb} (*Higher heating value*) = 19,8 Mj/kg

t = Waktu pengujian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

❖ Hasil Pengujian I

Hasil pengujian pertama ini menggunakan variasi massa pellet kayu sebanyak 300 gram.Data hasil pengujian ini dapat dilihat seperti tabel dibawah ini :

Tabel 1 Hasil Pengujian I

Keterangan	Hasil
massa awal bahan bakar (kg)	0,3
Waktu awal hidup api (detik)	51
Waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih (menit)	
Volume awal air (ml)	1500
Volume akhir air (ml)	1500
Volume pellet kayu (ml)	150
Temperatur awal air (°C)	30
Lama hidup api (menit)	25

❖ Hasil Pengujian II

Hasil pengujian pertama ini menggunakan variasi massa pellet kayu seba yak 400 gram.Data hasil pengujian ini dapat dilihat seperti tabel dibawah ini :

Tabel 2 Hasil Pengujian II

Keterangan	Hasil
massa awal bahan bakar (kg)	0,4
Waktu awal hidup api (detik)	50
Waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih (menit)	23
Volume awal air (ml)	1500
Volume akhir air (ml)	1400
Volume pellet kayu (ml)	300
Temperatur awal air (°C)	30
Lama hidup api (menit)	41

❖ Hasil Pengujian III

Hasil pengujian pertama ini menggunakan variasi massa pellet kayu sebanyak 500 gram.Data hasil pengujian ini dapat dilihat seperti tabel dibawah ini :

Tabel 3 Hasil Pengujian III

Keterangan	Hasil
massa awal bahan bakar (kg)	0,5
Waktu awal hidup api (detik)	50
Waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih (menit)	25
Volume awal air (ml)	1500
Volume akhir air (ml)	1390
Volume pellet kayu (ml)	430
Temperatur awal air (°C)	30
Lama hidup api (menit)	46

❖ Hasil Pengujian IV

Hasil pengujian pertama ini menggunakan variasi massa pellet kayu sebanyak 600 gram.Data hasil pengujian ini dapat dilihat seperti tabel dibawah ini :

Tabel 4 Hasil Pengujian IV

Keterangan	Hasil
massa awal bahan bakar (kg)	0,6
Waktu awal hidup api (detik)	60
Waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih (menit)	26
Volume awal air (ml)	1500
Volume akhir air (ml)	1370
Volume pellet kayu (ml)	530
Temperatur awal air (°C)	30
Lama hidup api (menit)	62

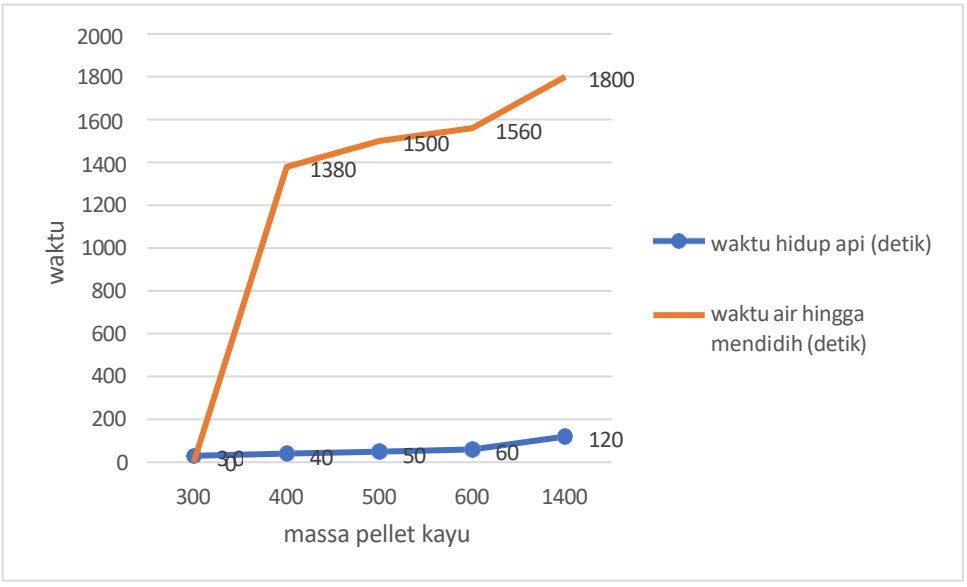
❖ Hasil Pengujian V

Hasil pengujian pertama ini menggunakan variasi massa pellet kayu sebanyak 1400 gram.Data hasil pengujian ini dapat dilihat seperti tabel dibawah ini :

Tabel 5 Hasil Pengujian V

Keterangan	Hasil
massa awal bahan bakar (kg)	1,4
Waktu awal hidup api (detik)	120
Waktu untuk mencapai suhu air hingga mendidih (menit)	30
Volume awal air (ml)	1500
Volume akhir air (ml)	920
Volume pellet kayu (ml)	1360
Temperatur awal air (°C)	30
Lama hidup api (menit)	87

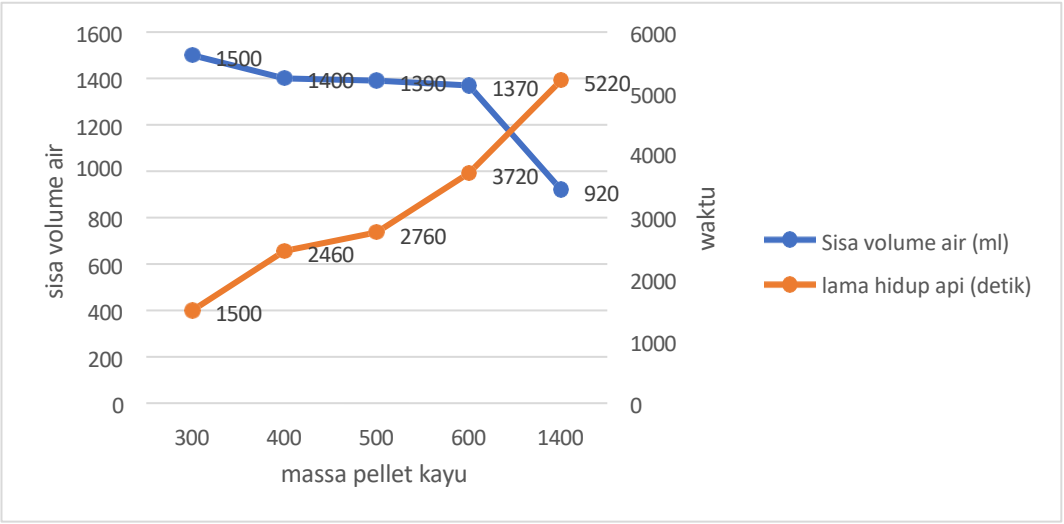
Grafik yang di hasilkan antara massa pellet kayu, waktu awal hidup api dan waktu air hingga mendidih dalam penelitian ini dapat di lihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Massa Pellet Kayu Waktu Awal Hidup Api dan Waktu Air Hingga Mendidih

Dari grafik diatas dapat kita simpulkan dengan memvariasikan massa pellet kayu sebesar 300 gram,400 gram, 500 gram, 600 gram, dan 1400 gram bahwa hasil yang di dapat adalah, semakin banyak massa pellet kayu yang di masukkan maka semakin lama air akan mendidih. Hal ini terjadi karena pengaruh banyaknya pellet yang kita masukkan dan membuat api yang kita hidupkan di awal semakin lama.

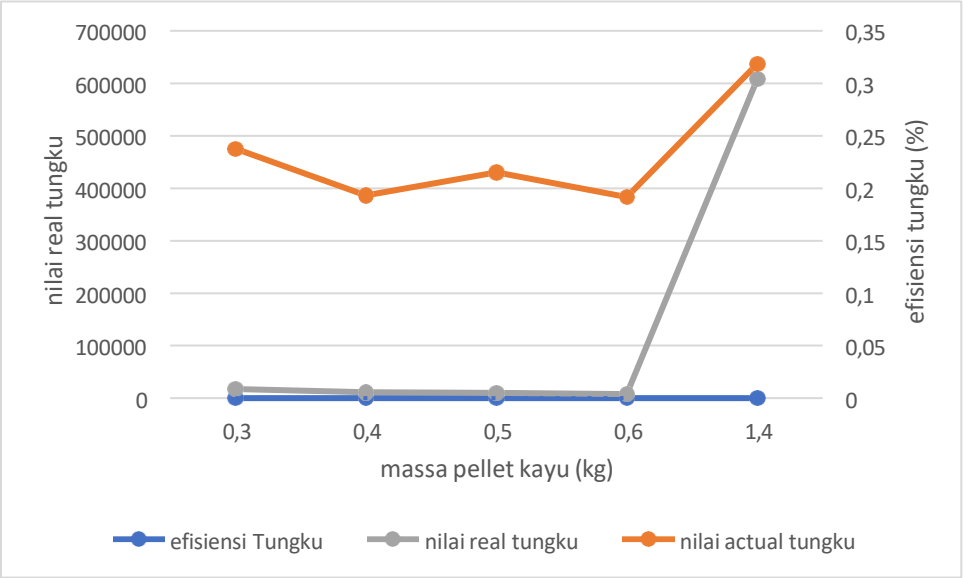
Grafik hubungan antara massa pellet kayu, lama hidup api dan sisa volume akhir air dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 7. Grafik hubungan antara lama hidup api dengan volume akhir air

Dari grafik di atas dapat kita ketahui bahwas lamanya api yang di hasilkan dari tungku dengan perbedaan massa pellet kayu mulai dari berat 300 gram, 400 gram, 500 gram, 600 gram, dan 1400 gram. Semakin banyak pellet kayu yang kita bakar maka api didalam ruang bakar akan semakin lama dan sempurna. Dan volume air yang kita masak pun akan semakin banyak berkurang apabila api di dalam ruang bakar semakin lama hidupnya.

Efisiensi Tungku



Gambar 8. Grafik hubungan massa pellet kayu dengan efisiensi tungku biomassa

Dari grafik hubungan diatas dapat di ketahui bahwa pada pengujian dengan massa pellet 0,4 kg dan 0,6 kg kecendrungan efisiensi semakin naik. Hal ini di karenakan kesempurnaan pembakaran yang di pengaruhi oleh waktu dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Namun pada pengujian kelima dengan variasi massa pellet 1,4 kg nilai efisiensi pada kondisi air mendidih mengalami kenaikan di banding pengujian pertama sampai ke empat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang saya buat, dapat di simpulkan bahwa penggunaan pellet kayu pada tungku biomassa sangat baik, hasil dari pembakaran pellet kayu pada tungku biomassa menunjukkan pembakaran yang terjadi di ruang bakar menghasilkan api yang biru. Efisiensi pada tungku dapat kita lihat pada massa pellet yang kita masukkan ke dalam ruang bakar, semakin banyak pellet yang kita masukkan maka api akan semakin lama padamnya, dan juga dapat dilihat bahwa air yang di masak pada tungku relative cepat serta arang pellet pembakaran juga banyak yang terpakai.

REFERENSI

Arif, I. M., Hasan, H., & Syukri, M. (2022). Pemanenan Panas dari Tungku Biomassa dengan Termoelektrik untuk Menghasilkan Listrik. *KITEKTRO: Jurnal Komputer, Teknologi Informasi, Dan Elektro*, *7*(2), 2022.

Haryanto, A., & Triyono, S. (2012). Studi Emisi Tungku Masak Rumah Tangga. *Agritech*, *32*(4), 619–624. www.woodgas.com

Iriyanti, L., & S, S. (2022). *Pemanas Air dengan menggunakan Bahan Bakar Serbuk Gergaji, Tongkol jagung dan Tempurung Kelapa*.

Koehuan VA, Milo E, R. D. (2022). Studi Eksperimen Tungku Biomassa pada Proses Pengeringan Chip Umbi Porang melalui Rumah Plastik Ultra-Violet (Solar Dryer) Sistem Hibrid. *Rotasi*, *24*(4), 57–64.

Latif, L. A., & Tjiroso, B. (2020). Perancangan Dan Pembuatan Alat Pengering Cengkeh Berbahan

Bakar Biomassa. *Patria Artha Technological Journal*, *4*(2), 109–112. https://doi.org/10.33857/patj.v4i2.357

Muhammad, I., Khairuman, K., Azmi, I., & ... (2021). Pengaruh Bukaan Katup Penyuplai Udara Terhadap Performa Tungku Roket Berbahan Bakar Biomassa Cangkang Sawit. *... Multi Disiplin Ilmu ...*, 255–266. http://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/semdiunaya/article/view/2658%0Ahttp://jurnal.abulyatama.ac.id/index.php/semdiunaya/article/download/2658/1059

Mulyanto, A., Mirmanto, M., & Athar, M. (2016). Pengaruh Ketinggian Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Biomassa Terhadap Unjuk Kerjanya. *Dinamika Teknik Mesin*, *6*(1). https://doi.org/10.29303/d.v6i1.22

Nasution, A. Y., Hiro, F., & Tarigan, L. (2022). Analisa Desain Kompor Biomassa Berbahan Bakar Tempurung Kelapa Menggunakan Ansys. *Dinamis*, *10*(1), 22–29. https://doi.org/10.32734/dinamis.v10i1.9072

Pakaya, A. R. (2021). Konstruksi Tungku Pengering Gabah Alternatif Berbahan Bakar Biomassa. *Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo (JTPG)*, *6*(1), 19–24. https://doi.org/10.30869/jtpg.v6i1.743

Rudianto Amirta. (2018). Pellet kayu Energi Hijau Masa Depan. *Mulawarman University PRESS*, 81.

Soolany, C. (2018). Perhitungan Proses Pindah Panas Tungku Biomassa. *JTI Unugha*, *1*(2), 23–42.

Subagyo, R., Nugraha, A., Pratama, T., & Rusdi, M. Z. (2022). Bahan bakar energi baru terbarukan (EBT) briket dan pellet kayu. *Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat*, 1–96. https://mesin.ulm.ac.id/assets/dist/buku/Bahan_Bakar_Energi_Baru_Terbarukan_(EBT)_Briket_dan_Pellet_Kayu.pdf

Sulistio, Y., Febryano, I. G., Yoo, J., Kim, S., Lee, S., Hasanudin, U., & Hidayat, W. (2020). Effects of Torefaction with Counter-Flow Multi Baffle (COMB) Reactor and Electric Furnace on the Properties of Jabon (Anthocephalus cadamba) Pellets. *Jurnal Sylva Lestari*, *8*(1), 65. https://doi.org/10.23960/jsl1865-76

Tampubolong, A. P. (2013). Study of fuelwood biomass energy policies. *Puslitbang Hasil Hutan Bogor*, *V*, 29–37.

Widiasa, I. K., Anggara, M., Sarwana, W., & Hidayat, A. (2024). Inovasi Pembuatan Alat Pengering Kemiri Tipe Tungku Pembakaran Biomassa dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Kemiri dan Bonggol Jagung sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Flywheel*, *15*(1), 18–26. https://doi.org/10.36040/flywheel.v15i1.8727