

Pengaruh Bukaannya Katup Penyuplai Udara Terhadap Performa Tungku Raket Berbahan Bakar Biomassa Cangkang Sawit

Ikkal Muhammad¹, Khairuman¹, Iqbal Azmi¹, Muhammad Faisal*², Muhtadin²

¹) Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude Aceh Besar

²) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Abulyatama, Jl. Blang Bintang Lama Km 8,5 Lampoh Keude Aceh Besar,

*Email Korespondensi: faisal_mesin@abulyatama.ac.id

Abstract: One of the technologies that play an important role as the biggest supporter of energy use in the household is the stove. Therefore, the design of a stove using this type of biomass fuel is an alternative and a solution to save energy today. One type of biomass stove is a type of rocket stove. The combustion process is a chemical reaction between fuel and oxygen. In this process, it is necessary to pay attention to the ratio between the amount of fuel and oxygen (which is represented by the air flow rate) so that the combustion process is close to complete. For combustion efficiency on the rocket stove, the blower valve has a significant influence on the working performance of the rocket stove. This study aims to see and analyze how the effect of blower valve opening on the performance of a rocket furnace that uses biomass fuel. The research method refers to descriptive qualitative. The results obtained from the test on the effect of blower valve opening on the performance of this rocket furnace using palm shell biomass fuel, namely, 2 kg of palm shell at full opening produces a temperature of 237°C, while the blower valve opening produces a temperature of 221°C, and at 1/3 blower valve opening produces a temperature of 304°C.

Keywords : Energy, valve, blower, performance, rocket furnace

Abstrak: Salah satu teknologi yang berperan penting sebagai penopang terbesar pemanfaatan energi dalam rumah tangga adalah kompor. Oleh karena itu, perancangan kompor dengan menggunakan jenis bahan bakar biomassa menjadi alternatif dan solusi untuk menghemat energi dewasa ini. Salah satu jenis kompor biomassa adalah jenis tungku roket. Proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen. Pada proses ini perlu diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat sehingga proses pembakaran mendekati sempurna. Untuk efisiensi pembakaran pada kompor roket, katup blower memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa kerja kompor roket. Penelitian ini bertujuan untuk melihat dan menganalisa bagaimana pengaruh bukaan katup blower terhadap performa tungku roket yang menggunakan bahan bakar biomassa. Metode Penelitian mengacu pada deskriptif kualitatif. Hasil yang didapatkan dari uji pada pengaruh bukaan katup blower terhadap performa tungku roket ini dengan menggunakan bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit yaitu, 2 kg cangkang sawit pada bukaan penuh menghasilkan temperatur 237°C,

sedangkan pada bukaan katup blower $\frac{1}{2}$ menghasilkan temperatur 221°C, dan pada bukaan katup blower $\frac{1}{3}$ menghasilkan temperatur 304°C.

Kata kunci : Energi, katup, blower, performa, tungku rocket

Salah satu teknologi yang berperan penting sebagai penopang terbesar pemanfaatan energi dalam rumah tangga adalah kompor. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, kompor didefinisikan sebagai perapian untuk memasak yang menggunakan minyak tanah, gas, atau listrik sebagai bahan bakar. Adapun di Indonesia, pada umumnya masyarakatnya menggunakan kompor berbahan bakar minyak tanah dan LPG untuk memasak. Kompor minyak tanah dan kompor LPG memiliki keunggulan dalam hal efisiensi yang tinggi, emisi yang bersih, aplikasi yang praktis, dan desain kompor yang modern sehingga banyak digunakan oleh masyarakat di negara-negara berkembang.

Akan tetapi, bahan bakar kompor-kompor tersebut merupakan produk pengolahan minyak bumi dan gas alam yang notabenehnya merupakan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil termasuk sumber energi tak terbarukan sehingga penggunaan bahan bakar kompor tidak dapat selamanya bergantung pada bahan bakar tersebut. Apalagi, bahan bakar fosil tidak hanya digunakan untuk kebutuhan bahan bakar kompor saja. Adapun persediaan bahan bakar fosil yang dimiliki oleh Indonesia, khususnya untuk minyak bumi, sudah tidak mampu mencukupi kebutuhan penduduknya yang amat bergantung terhadap BBM sebagai sumber energi.

Saat ini Indonesia mengalami kesenjangan antara produksi dan permintaan energi minyak bumi. Kebutuhan dan permintaan energi terus meningkat untuk mendukung pembangunan dan pertumbuhan ekonomi. Sementara itu, dalam waktu yang sama kapasitas dalam produksi minyak Indonesia cenderung turun. Kesenjangan antara permintaan dan produksi tersebut cenderung semakin melebar. Thacker (2013) memperkirakan bahwa Indonesia pada tahun 2025 mungkin harus mengimpor lebih dari 70 persen kebutuhan minyak nasionalnya karena berkurangnya produksi minyak di dalam negeri dan meningkatnya permintaan energi. Oleh karena itu, perlu adanya upaya serius untuk mencari sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil, di samping upaya konservasi energi dengan meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Bioenergi atau energi biomassa merupakan salah satu jenis energi terbarukan yang dapat menunjang

pertumbuhan ekonomi yang sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan.

Oleh karena itu, perancangan kompor dengan menggunakan jenis bahan bakar biomassa menjadi alternatif dan solusi untuk menghemat energi dewasa ini. Salah satu jenis kompor biomassa adalah jenis tungku roket. Kompor roket yang baik adalah kompor yang mampu melakukan proses pembakaran bahan bakar dengan sempurna. Pembakaran sempurna dapat tercapai apabila ada campuran homogeny antara udara dengan bahan bakar, waktu kontak yang mencukupi, temperatur udara yang tinggi, dan tersedia udara yang cukup (Kurniawan, 2010).

Prinsip dasar kompor adalah sebagai sarana proses pembakaran bahan bakar. Proses pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen (Armando dan Suryo 2005). Pada proses ini perlu diperhatikan rasio antara jumlah bahan bakar dan oksigen (yang diwakili oleh laju aliran udara) yang tepat sehingga proses pembakaran mendekati sempurna. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah efisiensi pembakaran pada kompor, yaitu seberapa lama waktu operasi pembakaran yang dihasilkan kompor dan kemudahan operasi serta pemeliharaan kompor.

Untuk efisiensi pembakaran pada kompor roket, bukaan katub udara dari blower memiliki pengaruh yang signifikan terhadap performa kerja kompor roket. Katup atau klep atau valve sangat berperan penting untuk menjaga kinerja mesin agar tetap optimal, fungsi dari katup sendiri yaitu untuk membuka dan menutup saluran udara baru dan saluran udara buang hasil pembakaran. Sedangkan blower yang merupakan mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan dalam suatu ruangan tertentu juga sebagai pengisapan atau pemvakuman udara atau gas tertentu.

Kompor roket (jet) tanpa blower membakar kayu secara langsung. Ini lebih sederhana tetapi kurang efektif. Sebuah model dengan blower memasok udara sekunder ke dasar tungku rocket, yang menyebabkan pembakaran yang intens dari gas pirolisis yang mudah terbakar. Karena ini, efisiensi unit meningkat. Proses pembakaran mengikuti karakter dari sistem pembakaran yang di rancang pada unit reactor dengan memperhatikan kapasitas ruang bakar, tentunya juga tidak terlepas dari karakter biomassa itu sendiri, untuk mendapatkan proses pembakaran yang diharapkan (Muhtadin, 2014).

Untuk meningkatkan efisiensi thermal dalam penggunaan bahan bakar biomassa padat, pembakaran melalui tungku rocket tipe silinder sangat mungkin untuk dilakukan. Tungku rocket tipe silinder ini memiliki dua buah lubang pada sisi bagian bawah tungku untuk masuknya bahan bakar dan satu lubang udara yang terhubung langsung antara blower ke ruang bakar. Akibat adanya udara yang dihembus ke ruang bakar dari blower, maka pembakaran terjadi dengan cepat sehingga temperatur didalam ruang bakar meningkat dengan cepat pula, (Muhtadin, 2019).

Pembakaran adalah reaksi bahan bakar dengan oksigen di udara untuk melepaskan panas. Pembakaran merupakan interaksi yang kompleks dari proses fisik dan kimia. Bahan bakar yang baik untuk pembakaran adalah bahan yang kaya akan hidrogen dan karbon, yang disebut hidrokarbon. Untuk memastikan proses pembakaran dapat berjalan sempurna, maka pembakaran dilangsungkan pada kondisi udara berlebih (*excess air*). Untuk meningkatkan efisiensi thermal dalam penggunaan bahan bakar biomassa padat, pembakaran melalui tungku rocket tipe silinder sangat mungkin untuk dilakukan. (Faisal, M, Usman, 2019).

Pada pengujian sebelumnya yang dilakukan oleh Faisal, M dan Ibrahim, MIT, 2020, terkait dengan pengujian tungku rocket berbasis *excess air* dari blower, dengan bukaan katup diletakkan pada posisi bukaan 100 % (*full*) untuk jenis bahan bakar padat, baik pada proses pembakaran menggunakan bahan bakar jenis kayu asam jawa, bahan bakar jenis kayu mahoni maupun bahan bakar jenis kayu laban. Pembakaran yang dihasilkan oleh masing-masing biomassa tersebut berbeda-beda, sangat tergantung pada karakteristik masing-masing bahan bakar biomassa padat dan persentase kandungan air dalam bahan bakar tersebut.

Pada penelitian ini,, penulis ingin melihat dan menganalisa bagaimana pengaruh bukaan katub blower terhadap performa tungku roket yang menggunakan bahan bakar biomassa jenis cangkang kelapa sawit.

KAJIAN PUSTAKA

Tungku Rocket

Tungku rocket adalah upaya untuk mengatasi kesehatan negatif dan masalah lingkungan terkait dengan memasak tradisional. Kompor masak tradisional tidak bisa

memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh tungku lebih dari 8-10% karena kesalahan struktur pada ruang pembakaran, Ini menyebabkan tinggi penggunaan bahan bakar dan berkontribusi pada pencemaran lingkungan dan bahaya kesehatan. Peningkatan Kompor rocket meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar dan mengurangi polusi yang dilepaskan ke lingkungan. Desain kompor ini dibangun dengan material logam untuk membuat struktur rangka tungku dan menghasilkan pembakaran yang maksimal. Niat melakukan rancangan ini adalah membangun tungku rocket yang akan bisa diperbaiki perpindahan panas dan pembakaran bahan bakar yang sempurna, menghasilkan sebuah kompor kayu bakar bersih yang efisien secara ekonomis. Tungku rocket dirancang dengan bantuan teoritis pengetahuan. Setelah menyelesaikan desain tertentu, model teorinya dibangun dari lembaran logam (Bambang, Y, 2010).

Biomassa

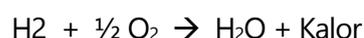
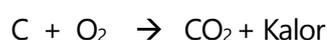
Biomassa didefinisikan sebagai material tanaman, tumbuh-tumbuhan, atau sisa hasil pertanian yang digunakan sebagai bahan bakar atau sumber bahan bakar. Secara umum sumber-sumber biomassa anatara lain tongkol jagung, jerami dan lain sebagainya; material kayu atau kulit kayu, potongan kayu, dan lain sebagainya; sampah kota misalnya sampah kertas dan tanaman sumber energi seperti minyak kedelai, alfafa, poplars, dan alin sebagainya.

Biomassa adalah campuran material organik yang kompleks, biasanya terdiri dari karbohidrat, lemak, protein, dan beberapa mineral lain yang jumlahnya sedikit seperti sodium, fosfor, kalsium dan besi. Komponen utama tanaman biomassa adalah karbohidrat (berat kering kira-kira sampai 75%), lignin (sampai dengan 25%) dimana dalam beberapa tanaman komposisinya bisa berbeda-beda. Keuntungan penggunaan biomassa untuk sumber bahan bakar adalah berkelanjutannya, diperkirakan 140 juta ton metric biomassa digunakan pertahunnya. Keterbatasan dari biomassa adalah banyaknya kendala dalam penggunaan untuk bahan bakar kendaraan bermobil. Biomassa merupakan produk fotosintesis, yakni butir-butir hijau daun yang bekerja sebagai sel surya, menyerap energi matahari yang mengkonversi dioksida karbon dengan air menjadi suatu senyawa karbon, hydrogen dan oksigen. Senyawa ini dapat dipandang sebagai suatu penyerapan energi yang dapat dikonversi menjadi suatu produk lain. Hasil konversi dari senyawa itu dapat

berbentuk arang atau karbon, alkohol kayu, dan lain sebagainya. Energi yang tersimpan itu dapat dimanfaatkan dengan langsung membakar kayu itu, panas yang dihasilkan digunakan untuk memasak atau keperluan lain (Voss, John, 2004).

Pembakaran

Pembakaran adalah sebuah reaksi antara oksigen dan bahan bakar yang menghasilkan panas. Oksigen diambil dari udara yang berkomposisi 21% oksigen serta 79% nitrogen (persentase volume), atau 77% oksigen serta 23% nitrogen (persentase massa). Unsur terbanyak yang terkandung dalam bahan bakar adalah karbon, hidrogen dan sedikit sulfur. Pembakaran pada umumnya terdiri dari tiga proses yaitu :



Tiga senyawa dan panas yang dihasilkan tersebut disebut juga sebagai hasil pembakaran (Irvandi, PAD, 2010).

Berdasarkan kondisinya, pembakaran dibagi menjadi tiga, yaitu:

1. Pembakaran stopan

Pembakaran stopan adalah pembakaran dimana bahan bakar mengalami oksidasi perlahan-lahan sehingga kalor yang dihasilkan tidak dilepaskan, akan tetapi dipakai untuk menaikkan suhu bahan bakar secara pelan-pelan sampai mencapai suhu nyala.

2. Pembakaran sempurna

Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana konstituen yang dapat terbakar didalam bahan bakar membentuk gas CO₂, air (H₂O), dan gas SO₂, sehingga tidak ada lagi bahan bakar yang dapat terbakar tersisa.

3. Pembakaran parsial

Pembakaran parsial terjadi jika proses pembakaran bahan bakar menghasilkan "*intermediate combustion product*" seperti CO₂, H₂, *aldehyd*, disamping CO₂ dan H₂O. Kalau oksidatornya udara, gas hasil pembakaran juga mengandung N₂. Pembakaran parsial dapat terjadi karena pasokan

oksidatornya terbatas atau kurang dari jumlah yang diperlukan, nyala ditiup (dihembus) dan nyala didinginkan dengan di kenai benda (permukaan dingin) (Syamsir, AM, 1988).

METODE PENELITIAN

Pada pengujian ini digunakan satu unit blower yang sudah dipasang katup yang sudah dihubungkan dengan Tungku Rocket yang juga sudah terpasang termocopel untuk mengukur temperature pembakaran. Tungku Rocket terdiri dari nozel, tempat penampung bahan bakar dan ruang bakar. Adapun profil dari tungku rocket secara utuh seperti terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tungku rocket (Faisal m, usman, 2019)

Adapun bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis biomassa cangkang sawit sejumlah 2 kg untuk sekali pengujian dengan tingkat kelembaban sebesar 10,5%, seperti terlihat pada gambar berikut;



Gambar 2. Biomassa Cangkang Sawit

Adapun penempatan alat ukur temperatur seperti diperlihatkan pada gambar 3 berikut,



Gambar 3. Penempatan alat ukur

HASIL DAN PEMBAHASAN

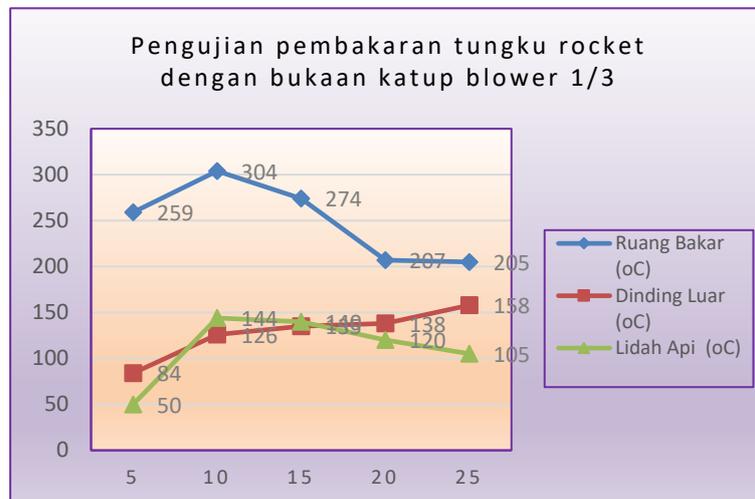
Pengujian Pembakaran

Penelitian yang dilakukan untuk melihat profil temperatur tungku rocket akibat pengaruh bukaan katup blower. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap 3 jenis bukaan katup, yaitu pada bukaan katup 1/3, bukaan katup 1/2 dan pada bukaan katup penuh (full), Pembukaan katup penyuplai udara pembakaran yang di hembuskan oleh blower bertekanan 1 atm, (14,7 Psi), sehingga katup dapat diatur sesuai dengan kebutuhan dan rencana uji dari performance tungku rocket. Pengaruh asupan suplai udara pembakar dari blower melalui bukaan katup dapat menjadi fenomena kinerja tungku rocket yang dapat dilihat. Penggunaan dan penempatan alat ukur temperatur pembakaran (sensor thermometer digital) diharapkan memberikan data temperatur pembakaran serta perubahan dari performa tungku rocket. Penempatan alat ukur dilakukan pada 3 (tiga) titik pengukuran yaitu pada bagian tungku rocket (furnace), pada bagian luar dinding tungku rocket dan pada bagian atas dari tungku rocket (lidah api), sehingga diperoleh hasil pembakaran untuk masing-masing bukaan katup sebagai berikut;

Bukaan Katup 1/3

Untuk uji pembakaran yang dilakukan pada tungku rocket menggunakan biomassa

cangkang sawit sejumlah 2 (dua) kg, untuk bukaan katup 1/3 diperoleh hasil seperti terlihat pada gambar 4 berikut,



Dari gambar 4 diatas terlihat bahwa profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower 1/3 ini menghasilkan temperatur 304 °C pada bagian ruang bakar tungku yang berlangsung pada menit ke 10 sampai menit ke 12 setelah pembakaran.

Bukaan Katup 1/2

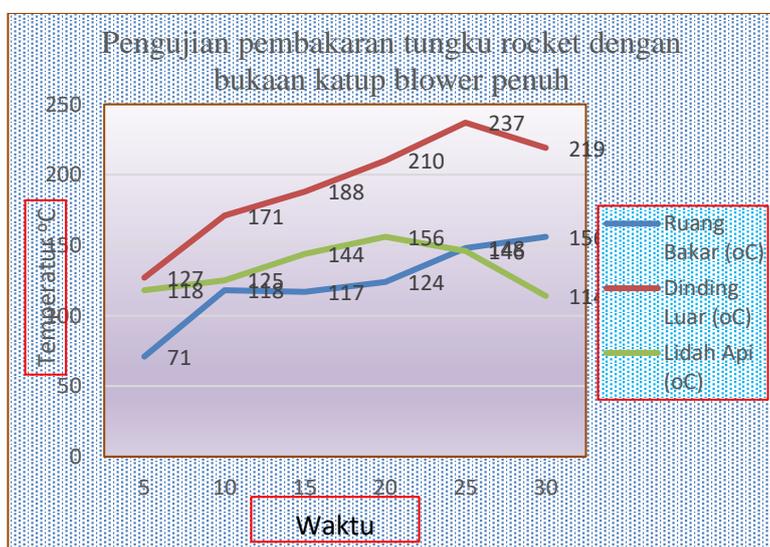
Untuk uji pembakaran yang dilakukan pada tungku rocket menggunakan biomassa cangkang sawit sejumlah 2 (dua) kg, untuk bukaan katup 1/2 diperoleh hasil seperti terlihat pada gambar 5 berikut;



Dari gambar 5 diatas terlihat bahwa profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower 1/2 ini menghasilkan temperatur 221 °C pada bagian tungku yang berlangsung pada menit ke 15 sampai menit ke 20 setelah pembakaran.

Bukaan Katup Penuh

Untuk uji pembakaran yang dilakukan pada tungku rocket menggunakan biomassa cangkang sawit sejumlah 2 (dua) kg, untuk bukaan katup penuh diperoleh hasil seperti terlihat pada gambar 6 berikut;



Dari gambar 6 diatas terlihat bahwa profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower penuh ini menghasilkan temperatur 237 °C pada dinding bagian luar tungku yang berlangsung pada menit ke 25 sampai menit ke 27 setelah pembakaran. Tingginya temperatur pada bagian dinding tungku dikarenakan tidak terisolasi, sehingga perubahan rambatan panas pada dinding terbaca oleh sensor. (thermometer digital).

Dari keseluruhan profil pembakaran diatas, dapat ditemukan perubahan-perubahan pada kondisi yang lain yang mungkin disebabkan oleh:

- Karakteristik dan kadar air pada biomassa
- Temperatur lingkungan
- Ada tidaknya isolasi pada profil tungku rocket

-Perubahan pada suplay udara lebih melalui *nozzle*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari gambaran data dan pembahasan yang telah dijelaskan diatas dapat disimpulkan bahwa:

1. Tungku roket menggunakan kataup dan blower dapat menghasilkan proses pembakaran yang maksimal sehingga di dapatkan hasil pembakaran yang efektif dan efisien
2. Profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower penuh ini menghasilkan temperatur 237 °C pada dinding bagian luar tungku yang berlangsung pada menit ke 25 sampai menit ke 27 setelah pembakaran.
3. Profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower 1/2 ini menghasilkan temperatur 221 °C pada bagian tungku yang berlangsung pada menit ke 15 sampai menit ke 20 setelah pembakaran.
4. Profil pembakaran bahan bakar biomassa jenis cangkang sawit pada bukaan katup blower 1/3 ini menghasilkan temperatur 304 °C pada bagian ruang bakar tungku yang berlangsung pada menit ke 10 sampai menit ke 12 setelah pembakaran.
5. Dari keseluruhan profil pembakaran, dapat ditemukan perubahan-perubahan pada kondisi yang lain yang mungkin disebabkan oleh:
 - Karakteristik dan kadar air pada biomassa
 - Temperatur lingkungan
 - Ada tidaknya isolasi pada profil tungku rocket
 - Perubahan pada suplay udara lebih melalui *nozzle*

DAFTAR PUSTAKA

- Armando, Rochim dan Suryo W.P. 2005. "Membuat Kompor Tanpa BBM". Penebar Swadaya. Jakarta.
- Baldwin, Samuel, F, 1987, "Kompor Biomassa, desain teknik, diseminasi pembangunan," Universitas Princeton, AS.
- Bambang.Y, 2010. "**Disain Tungku kayu bakar rendah polusi untuk industri kecil dan**

masarakat pedesaan.' UNDIP, Semarang

- Fisafarani, H. (2010). "Identifikasi Karakteristik Sumber Daya Biomassa dan Potensi Bio-Pelet di Indonesia". Skripsi. Depok: Program Sarjana Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Faisal, M.; Usman, U, (2019), Analisa Perpindahan Panas Pada Tungku Rocket Tipe Silinder Berbahan Bakar Biomassa. Prosiding SEMDI-UNAYA (Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA), Banda Aceh, Indonesia, 20–21 June 2019;Volume 3, pp. 393–401.
- Faisal M, Isa MIT, 2020, "Uji Pembakaran Biomassa Padat Pada Tungku Rocket Tipe Silinder Dengan Asupan Excess Air". Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains dan Teknologi) 2 (2), 9-15.
- Irvandi Permana A.D, 2010, Studi Karakteristik Pembakaran Cangkang Kelapa Sawit Menggunakan Fluidized Bed Combuster, Universitas Indonesia, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin.
- Jensen, Ted J. 1995. Teknologi Rekayasa Surya. Terjemahan oleh Prof. Wiranto Arismunandar, Cetakan 1. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Kurniawan. 2010. "Modifikasi dan Uji Kelayakan Teknis Kompor Berbahan Bakar Biomassa". Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Indralaya. 65 hal.
- Kurniati E. Pemanfaatan cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. Penelitian Ilmu Tek. 2008;8 (2):96-103.
- Muhtadin,2014, "Karakteristik pembakaran Beberapa Jenis Biomassa Dalam Fluidized Bed Boiler" Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan 10 (1)
- Muhtadin,2019, "Uji Dan Analisa Pembakaran Pada Ruang Bakar (Combustor) Reaktor Fluidisasi Biomassa Yang Tidak Terisolasi Menggunakan Bahan Bakar Biomassa". Jurnal Ristech (Jurnal Riset, Sains dan Teknologi) 1 (1), 38-49
- Suranto, Y. 2006. *Bahan Ajar Kuliah Energi Biomassa*. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Sukandarrumudi, Kotta, H.Z. dan Wintolo, D. 2013. Energi Terbarukan, Konsep dasar menuju kemandirian energi, Yogyakarta, p. 322-324
- Syamsir A. Muin, 1988, *pesawat-pesawat konversi energi i: katel uap*. Rajawali Press, Jakarta.
- Thacker, Harsh. 2013. Strong Regulatory Push Can Jumpstart The Dormant Biomass Sector In Indonesia. Frost and Sullivan. 25 March 2013 (<http://www.frost.com/sublib/displaymarket-insight.do?id=275795017>)
- Voss, John, 2004, "Energi biomassa untuk pemanasan dan suplai air panas di Belarus," BTG Biomassa grup energi BV, Nederland.
- Yahya, M. 2015. "Rancang Bangun dan Kajian Eksperimental Unjuk Kerja Pengereng Surya Terintegrasi Dengan Tungku Biomassa Untuk Mengeringkan Hasil-Hasil Pertanian. Jurnal IPTEK Terapan 9. Institut Teknologi Padang.