

PEMBUATAN BIOCHAR DARI LIMBAH BUAH KETAPANG (*Terminalia Catappa*) DENGAN METODE PIROLISIS

Octasya Amalia Aisyah¹, Azzahra Ghina Fadillah², dan Firdaus³
Jurusan Teknik kimia, Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Bung Hatta.

ABSTRAK – Energi fosil yang akan habis dalam waktu dekat mendorong banyak negara khususnya Indonesia untuk menggunakan energi alternatif. Salah satu energi alternatif yang berbasis biomassa adalah biochar hasil pirolisis. Pirolisis merupakan salah satu metode untuk pengolahan awal biomassa agar kualitas biomassa meningkat dan biomassa dapat digunakan dalam rentang waktu yang lama. Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah Ketapang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pirolisis (300°C, 350°C, 400°C) dan waktu pirolisis (30 menit, 60 menit, 90 menit) terhadap rendemen biochar, kandungan volatile matter, kadar air dan kadar abu. Biochar dengan kadar abu paling rendah pada kondisi operasi 300°C dengan waktu pirolisis 30 menit dan kadar abu biochar tertinggi diperoleh pada kondisi operasi 400°C dengan waktu pirolisis 90 menit. Nilai kalor dari biochar hasil pirolisis sebesar 6085,98 kal/g lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kalor acuan SNI 1683:2021 sebesar >5000 kal/g. Dari data yang diperoleh pada variasi suhu dan waktu memiliki nilai kadar air dan volatile matter yang lebih rendah dari SNI 1683:2021.

Kata Kunci : Biochar, Suhu, Waktu, Ketapang, Pirolisis

PENDAHULUAN

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi masyarakat, maka konsumsi dan kebutuhan energi semakin meningkat. Konsumsi dan permintaan energi di Indonesia terfokus pada bahan bakar minyak yang cenderung habis, sementara beberapa biomassa memiliki kuantitas yang cukup untuk menutupinya namun belum maksimal (Suganal & Hudaya, 2019).

Salah satu sumber energi alternatif yang digunakan adalah energi biomassa. Energi biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang perlu mendapat prioritas dalam pengembangannya dibandingkan dengan sumber energi yang lainnya. Indonesia merupakan negara agraris yang menghasilkan limbah pertanian yang tidak dimanfaatkan. Ada salah satu energi terbarukan yaitu biomassa. potensi biomassa di Indonesia yang biasa digunakan yaitu limbah dari sawit, sisa penggilingan padi, limbah gula, sisa dari pengerjaan kayu, kakao, dan limbah pertanian lainnya (Hidayati & Ekayuliana, 2022). Dalam hal ini, pohon Ketapang banyak ditemukan di beberapa lokasi seperti tepi pantai dan taman - taman kota yang dijadikan sebagai pohon peneduh. Di wilayah Sumatera Barat, umumnya pohon Ketapang ditemui pada daerah tepi pantai seperti daerah Padang, Padang Pariaman, Pariaman, dan Pesisir Selatan. Terdapat kurang lebih 300 pohon Ketapang yang tumbuh di Kawasan tepi pantai sepanjang pesisir pantai Padang – Pariaman yang dimana daerah tersebut terbentang sekitar 50 km. Pada tahun 2023 jumlah buah Ketapang di Indonesia di ekspor mencapai \$291.904 Juta USD (Badan Pusat Statistik, 2023). Sebagian besar masyarakat belum mengetahui bagaimana

pengolahan terhadap limbah buah ketapang tersebut.(E.N Prasetyo, 2021).

Limbah buah ketapang merupakan limbah yang di dalamnya terdapat kandungan senyawa lignin, selulosa dan hemiselulosa yang nantinya dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif. Pada buah ketapang mengandung lignin sebanyak 43,46%, selulosa 16,60%, dan hemiselulosa 24,70% (Yuniarti, 2016).

Pirolisis adalah peristiwa kompleks, dimana senyawa organik dalam biomassa terkonversi melalui pemanasan tanpa atau dengan oksigen terbatas. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya (Iskandar dan Rofiatin, 2017) Bioarang tersebut dapat dimanfaatkan menjadi Biochar.

Biochar adalah produk yang dihasilkan dari limbah biomassa yang di bakar tanpa udara atau dengan udara yang sangat sedikit. Proses pembuatan biochar ini sering disebut pirolisis. Selain menjadi bahan bakar alternatif, biochar juga bermanfaat sebagai bahan pembenah tanah dan meningkatkan kualitas lahan pertanian, Antara lain meningkatkan pH tanah atau mengurangi tingkat keasamaan tanah. (Lantang dan Widiastuti, 2017).

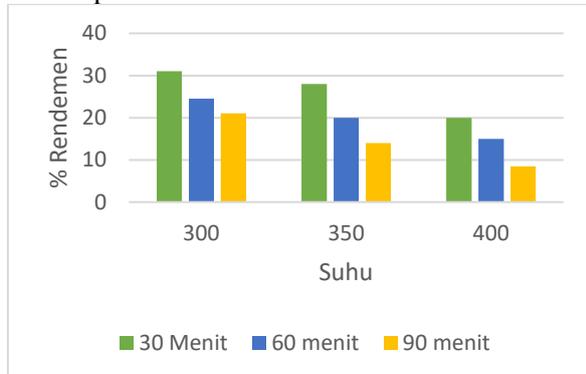
METODE PENELITIAN

1. Persiapan Bahan Baku
Buah ketapang dibersihkan dari kotoran, kemudian dikering anginkan selama \pm 1 minggu untuk menghilangkan kadar airnya.
2. Pirolisis
Buah ketapang yang telah kering ditimbang sebanyak 2 kg kemudian dimasukkan ke dalam alat pirolisis dengan suhu 300°C, 350°C dan 400 °C dengan lama waktu pirolisis 30 menit, 60 menit

dan 90 menit. Selanjutnya hasil pirolisis berupa padatan didinginkan dan kemudian siap untuk diuji untuk mengetahui karakteristik biochar lebih lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Rendemen



Gambar 1. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Rendemen

Berdasarkan Gambar 1. dapat dilihat bahwa penelitian ini didapatkan % rendemen biochar berturut – turut sebesar 31 %, 24,5 %, dan 21 % pada temperatur pirolisis 300 °C dengan waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pada temperatur 350 °C dengan waktu yang sama didapatkan % rendemen biochar berturut – turut yaitu 28 %, 20 %, dan 14 %. Dan pada temperatur 400 °C dengan waktu yang sama didapatkan % rendemen biochar berturut – turut 20 %, 15 %, dan 8,5 %. Hal ini disebabkan karena komposisi produk pirolisis dipengaruhi dari berbagai faktor, seperti temperatur, waktu dan jenis bahan baku.

Berdasarkan gambar di atas penelitian ini menggunakan proses pirolisis lambat dan laju pemanasan yang lambat didapatkan hasil biochar yang sedikit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur operasi yang digunakan semakin sedikit pula hasil biochar yang dihasilkan. Pada temperatur yang lebih rendah, didapatkan rendemen biochar yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena sedikitnya bahan baku yang terdekomposisi.

Pengaruh waktu pirolisis terhadap produk biochar yang dihasilkan dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor, termasuk tipe bahan baku yang digunakan dan temperatur pirolisis. Pada temperatur yang lebih rendah rendemen biochar cenderung lebih tinggi disebabkan karena bahan baku lebih sedikit terdekomposisi menjadi gas atau cairan. Sedangkan pada temperatur yang lebih tinggi, bahan baku cenderung terdekomposisi lebih lanjut menjadi gas dan bio-oil sehingga mendapatkan rendemen yang lebih sedikit. (Siti Aninda, *et al.*, 2023).

Pada proses pirolisis menunjukkan temperatur dan waktu mengalami peningkatan yaitu 300 - 400°C dan 30 - 90 menit . Dimana pada kondisi ini didapatkan hasil biochar yang semakin sedikit. Hal ini disebabkan karena temperatur pirolisis lebih lanjut dan melebihi batas. Temperatur yang tinggi akan memecah ikatan polimer dan menyebabkan ikatan – ikatan tersebut menjadi lebih kecil, sehingga produk yang dihasilkan lebih banyak dalam bentuk gas yang sulit terkondensasi seperti CO₂, CO, H₂ dan CH₄ hingga menurunkan rendemen biochar tersebut. (Sri Maulina, 2017)

Reaksi stoikiometri senyawa lignoselulosa dalam pembentukan biochar:

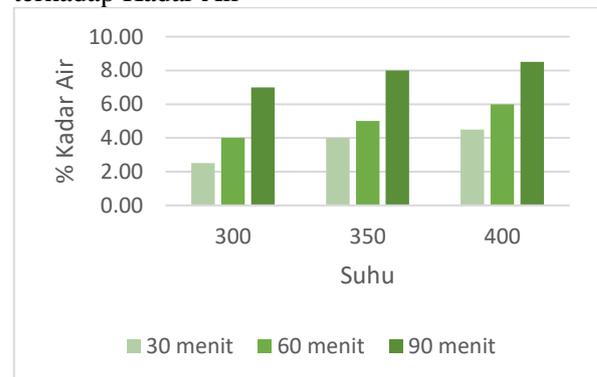
- Lignin

$$C_xH_yO_z \rightarrow nC_mH_n \text{ (bio - oil)} + (m - n) C \text{ (biochar)} + \text{gas}$$
- Selulosa

$$C_xH_yO_z \rightarrow nC_mH_n \text{ (bio - oil)} + (6n - m) C \text{ (biochar)} + \text{gas}$$
- Hemiselulosa

$$C_xH_yO_z \rightarrow nC_mH_n \text{ (bio - oil)} + (m - n) C \text{ (biochar)} + \text{gas}$$

2. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Kadar Air



Gambar 2. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Kadar Air

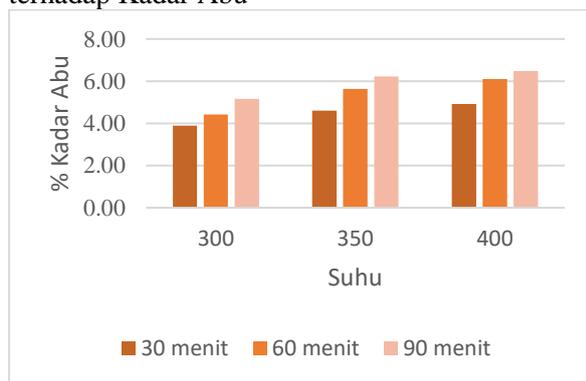
Berdasarkan Gambar 2. dapat dilihat bahwa penelitian ini didapatkan % kadar air yang semakin meningkat seiring naiknya temperatur dan waktu pirolisis. Dimana pada temperatur pirolisis 300 °C dengan waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut – turut yaitu 2,5 %, 4 %, dan 7 %. Pada temperatur 350 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar air berturut – turut yaitu 4 %, 5 %, dan 8 %. Dan pada temperatur 400 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar air berturut – turut 4,5 %, 6 % dan 8,5 %.

Hal ini disebabkan seiring meningkatnya temperatur dari 300°C - 400°C dan waktu pirolisis selama 30 – 90 menit, maka kadar air yang dihasilkan seharusnya mengalami penurunan. Namun pada

penelitian ini didapatkan hasil sebaliknya, besar kecilnya kadar air yang didapatkan pada biochar juga mempengaruhi kemampuan biochar dalam menyerap air. Semakin lama waktu pembakaran maka kadar air biochar semakin tinggi, hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pirolisis maka pori-pori dari biochar akan semakin terbuka dan akan menyebabkan terjadinya kontak langsung antara biochar yang bersifat hidroskopik dengan udara sehingga biochar banyak menyerap air (Kemas *et al.*, 2018). Biochar juga memiliki kemampuan meretensi air yang cukup tinggi dan kapasitas memegang air yang tinggi.

Berdasarkan data SNI 1683:2021, nilai acuan standar kadar air pada arang $\pm 8\%$. Sehingga apabila dibandingkan dengan hasil perolehan biochar pada penelitian ini memiliki nilai kadar air yang lebih rendah dibandingkan nilai standar pada SNI 1683:2021. Maka dapat dikatakan biochar yang diperoleh telah memenuhi standar pada parameter kadar air. Kadar air yang rendah pada biochar penting untuk digunakan sebagai bahan bakar karena mempengaruhi nilai kalor dan efisiensi pembakaran. (Taufik, 2017)

3. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Kadar Abu



Gambar 3. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Kadar Abu

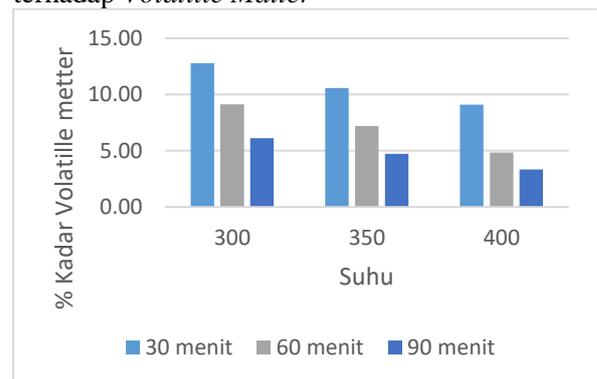
Berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat bahwa penelitian ini didapatkan % kadar abu yang semakin tinggi seiring meningkatnya temperatur dan waktu pirolisis. Dimana pada temperatur pirolisis 300 °C dengan waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut – turut yaitu 3,89 %, 4,42 %, dan 5,16 %. Pada temperatur 350 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar abu berturut – turut yaitu 4,60 %, 5,63 %, dan 6,22 %. Dan pada temperatur 400 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar abu berturut – turut 4,92 %, 6,10 % dan 6,49 %.

Hal ini disebabkan seiring meningkatnya temperatur dari 300°C - 400°C dan waktu pirolisis selama 30 – 90 menit maka terjadi pengurangan kandungan unsur lain, seperti C, H, N, O dan S teruapkan selama pemanasan sementara garam anorganik (mineral) tidak sepenuhnya diuapkan.

Sehingga konsentrasi residu mineral dan bahan organik meningkat. Oleh sebab itu, kadar abu akan semakin meningkat seiring menurunnya unsur – unsur yang hilang. (Claoston *et al.*, 2014). Abu yang terdapat pada biochar merupakan oksida – oksida logam yang tidak dapat menguap dan memiliki sifat yang tidak mudah terbakar. Semakin tinggi temperatur dan lama pembakaran maka kadar abu pada biochar semakin meningkat. (Setyawan *et al.*, 2018).

Berdasarkan data SNI 1683:2021, nilai acuan standar kadar abu pada arang $\pm 4\%$. Biochar dengan kadar abu paling rendah pada kondisi operasi 300 °C dengan waktu operasi 30 menit dan kadar abu biochar tertinggi diperoleh pada kondisi operasi 400 °C dengan waktu operasi 90 menit. Sehingga apabila dibandingkan dengan hasil yang diperoleh baik dari variasi suhu maupun variasi waktu, biochar yang dihasilkan memiliki nilai kadar air yang berbeda – beda dibandingkan nilai standar pada SNI 1683:2021. Hal ini dapat terjadi akibat terdapat kotoran pada Ketapang yang tidak ikut terbuang pada proses pembersihan dapat memenuhi nilai kadar abu. Jika dilakukan perbandingan data SNI 1683:2021 dengan hasil kadar abu yang didapat, kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor biochar dan meningkatkan residu yang dihasilkan saat biochar digunakan sebagai bahan bakar. Dalam produksi biochar, penting untuk memperhatikan kadar abu agar tetap dalam batas yang diizinkan untuk memastikan kualitas dan efisiensi penggunaannya sebagai bahan bakar. (Nana dkk, 2022).

4. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Volatile Matter



Gambar 4. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Volatile Matter

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat nilai kadar *volatile matter* yang didapatkan cenderung menurun seiring dengan kenaikan temperatur dan waktu pirolisis. Dimana pada temperatur pirolisis 300 °C dengan waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit berturut – turut yaitu 12,79 %; 9,13 % dan 6,12 %. Pada temperatur 350 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar *volatile matter* berturut – turut

yaitu 10,58 % ; 7,21 % dan 4,72 %. Dan pada temperatur 400 °C dengan waktu yang sama didapatkan % kadar *volatile matter* berturut – turut 9,09 % ; 4,85 % dan 3,33 %.

Hal ini menandakan senyawa seperti hemiselulosa, selulosa dan lignin yang telah terurai pada saat proses pembakaran. Oleh karena itu, semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin rendah zat menguap / *volatile matter* pada biochar. Zat mudah menguap adalah proses kehilangan berat (selain air) yang terdapat dalam biochar. Zat menguap / *volatile matter* dipengaruhi oleh temperatur pirolisis dan jenis bahan baku biochar itu sendiri.

Hal ini sesuai dengan teori bahwa seiring meningkatnya temperatur dari 300°C - 400°C dan waktu pirolisis selama 30 – 90 menit, maka semakin banyak zat yang terbuang. Sehingga pada saat pengujian akan didapat kadar zat menguap yang rendah. (Rahmadani et al., 2017). Kadar *volatile matter* dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengukur banyaknya asap yang dihasilkan pada saat pembakaran. Semakin tinggi jumlah kadar *volatile matter* dari suatu bahan bakar maka jumlah asap yang dihasilkan semakin tinggi. (Iskandar dkk, 2019). Maka hal tersebut akan menyebabkan semakin mudah biochar untuk terbakar dan menyala, sehingga laju pembakaran semakin cepat. (Kusuma dkk, 2013). Bila laju pembakaran semakin cepat artinya akan boros penggunaan bahan bakar tersebut.

Menurut SNI 1638:2021 kadar *volatile matter* standar sebesar 10-17%. Sementara itu biochar hasil pirolisis pada penelitian ini didapatkan paling rendah pada kondisi temperatur operasi 400 °C pada waktu operasi 90 menit dan kadar *volatile matter* tertinggi pada temperatur operasi 300 °C dengan waktu 30 menit. Sehingga biochar yang didapatkan memenuhi standar kadar *volatile matter* yang ditetapkan oleh SNI 1638:2021. Dalam produksi biochar, penting untuk memperhatikan kadar *volatile matter* agar tetap dalam batas yang diizinkan untuk memastikan kualitas dan efisiensi penggunaannya sebagai bahan bakar. (Muhammad dkk, 2019).

5. Pengaruh Temperatur dan Waktu Pirolisis terhadap Nilai Kalor

Tabel 1. Analisis Nilai Kalor Biochar

Parameter	Ketapang (kal/g)	Biochar Hasil Pirolisis (kal/g)	Standar Acuan (SNI 1638:2021) (kal/g)
Nilai Kalor	3347	6085,98	>5000

Sumber : Laboratorium UNP, 2024

Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa nilai kalor dari biochar hasil pirolisis sebesar 6085,98

kal/g lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kalor acuan SNI 1683:2021 sebesar >5000 kal/g. Hal ini terjadi karena pirolisis merupakan salah satu proses termokimia yang dapat meningkatkan nilai kalor dari suatu bahan. Manatura et al. (2021) menjelaskan bahwa pirolisis merupakan proses termokimia pada rentang suhu 300°C sampai dengan 400°C dengan tujuan untuk meningkatkan nilai kalor biomassa. Selain itu terdapat beberapa kualitas dari biomassa yang meningkat seperti nilai kalor, kadar abu, dan lain-lain (Nai et al., 2021)

Nilai kalor dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pirolisis sehingga terjadi peningkatan nilai kalor dari Ketapang dari 3347 kal/g menjadi 6085,98 kal/g. Hal ini dijelaskan oleh Martin (2021) dimana peningkatan nilai kalor tersebut seiring dengan meningkatnya temperatur pirolisis dapat menyebabkan kandungan karbon dari bahan meningkat diikuti dengan peningkatan kadar abu serta penurunan kandungan zat *volatile matter*. Lamanya waktu proses pirolisis juga dapat meningkatkan nilai kalor dari biochar yang dihasilkan.

Menurut Dirgantara et al. (2020), seiring bertambahnya waktu tinggal, O₂ dan H₂ akan habis terpakai membentuk uap air, CO dan CO₂ yang kemudian dilepaskan ke atmosfer. Hal ini mengakibatkan tingginya rasio C/O dan C/H yang menyebabkan nilai kalor semakin tinggi. Maka dapat dikatakan biochar yang diperoleh untuk dijadikan bahan bakar telah memenuhi standar pada parameter nilai kalor. Hal ini dijelaskan oleh Taufik (2013), nilai kalor yang tinggi pada biochar dari ketapang menunjukkan potensi untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang efisien dan ramah lingkungan.

KESIMPULAN

1. Rendemen biochar dari proses pirolisis dengan rentang suhu 300°C - 400°C dan waktu 30 menit – 90 menit berkisar 8 – 31 %.
2. Pada proses pirolisis dengan rentang suhu 300°C - 400°C dan waktu 30 – 90 menit didapatkan nilai kadar air dalam rentang 2 – 9 %, kadar abu 4 – 6 % dan *volatile matter* 3 – 13 %.
3. Rendemen biochar maksimum sebesar 31% diperoleh kadar air 2,5% kadar abu 3,89% dan *volatile matter* 12,79% pada proses pirolisis dengan kondisi suhu 300°C, waktu 30 menit dan laju pemanasan sebesar 9°C/menit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alegore F., 2017. Pemanfaatan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) Sebagai Herbisida Alami Terhadap Pertumbuhan Gulma Rumput Teki (*Cyperus rotundus*). https://repository.usd.ac.id/12140/2/131434004_full.pdf. Skripsi. Universitas Sanata Darma.

2. Gusmailina, & Kusmiati, E. 2013. Prospek Biji Ketapang (*Terminalia Catappa*) Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri Makanan & Kesehatan. 3-7
3. IBI, 2012. Bio-char Standards. International Bio-char Initiative.
4. Iskandar dan Rofiatin (2017). Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa dan Parameter Proses Pirolisis. Jurnal Teknik Kimia Vol 12, No.1.
5. Pérez, J., Muñoz-Dorado, J., De La Rubia, T., & Martínez, J. (2002). Biodegradation and Biological Treatments of Cellulose, Hemicellulose and Lignin: An Overview. *International Microbiology*, 5, 53–63.
6. P. Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis: Practical Design and Theory*, vol. (5)2, no. 2. Oxford: Elsevier, 2010.
7. Taufik, I., and Umi, R., 2017. Karakteristik biochar berdasarkan jenis biomassa dan parameter proses pyrolysis. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1): 28-35
8. Widiastuti, D. M. M. dan Lantang, B. 2017. Pelatihan Pembuatan Biochar dari Limbah Sekam Padi Menggunakan Metode Retort Kiln. Universitas Masamus. Merauke.