

RANCANG BANGUN ALAT BIOCHAR TIPE RETORT BESERTA ANALISIS POTENSI THERMAL UNTUK PROSES REGENERASI

AHMAD YUSUF RIDHO



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Alat Biochar Tipe Retort Beserta Analisis Potensi Termal untuk Proses Regenerasi” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2025

Ahmad Yusuf Ridho
F1401211097

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRAK

AHMAD YUSUF RIDHO. Rancang Bangun Alat Biochar Tipe Retort Beserta Analisis Potensi Termal untuk Proses Regenerasi. Dibimbing oleh MUHAMAD YULIANTO.

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas utama di Indonesia. Namun, industri kelapa sawit menghasilkan jumlah limbah yang cukup tinggi seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan oli bekas. TKKS merupakan limbah biomassa yang berpotensi untuk diubah menjadi produk bermanfaat seperti biochar. Biochar adalah produk hasil pirolisis biomassa yang bermanfaat untuk perbaikan tanah dan bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji alat pirolisis biochar tipe *retort* berkapasitas 10 kg yang menggunakan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan oli bekas sebagai bahan bakar. Pengujian dilakukan dengan variasi bahan bakar dan suplai udara (natural dan blower) untuk menentukan efisiensi sistem, profil suhu, rendemen biochar, serta potensi pemanfaatan panas buang untuk proses regenerasi termal (*heat recovery*). Hasil pengujian menunjukkan alat *retort* dapat menghasilkan rendemen biochar tertinggi sebesar 54% serta efisiensi tungku tertinggi mencapai 36,91% pada pengujian berbahan bakar oli bekas. Sementara itu efisiensi pembakaran tertinggi mencapai 75,73% pada pengujian berbahan bakar TKKS dengan penggunaan blower. Adapun potensi energi panas *flue gas* yang dapat dimanfaatkan untuk proses regenerasi termal mencapai 5,67 kW. Hal ini menunjukkan bahwa TKKS dan oli bekas dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif dalam sistem pirolisis *retort* dan berpotensi mendukung konsep energi terbarukan berbasis limbah (*Waste to Energy*).

Kata kunci: biochar, pirolisis, tandan kosong kelapa sawit, regenerasi termal



ABSTRACT

AHMAD YUSUF RIDHO. Design and Build of Retort-type Biochar Furnace and its Thermal Potential Analysis for the Regeneration Process. Supervised by MUHAMAD YULIANTO.

Palm oil is one of Indonesia's main agricultural commodities. However, its industry generates a significant amount of waste, including empty fruit bunches (EFB). EFB is a biomass waste that has the potential to be converted into valuable products such as biochar. Biochar is a product of biomass pyrolysis that can be used for soil improvement and as an alternative fuel. This study aims to design and test a 10 kg capacity retort-type biochar pyrolysis unit using EFB and used oil as fuel. The experiments were conducted using variations in fuel type and air supply (natural draft and blower-assisted) to evaluate system efficiency, temperature profile, biochar yield, and the potential for waste heat recovery. The result shows that the retort unit can produce biochar with a yield of up to 54% when using used oil, with furnace efficiency reaching 36.91%. The highest combustion efficiency up to 75.73%, was achieved when using EFB as fuel with blower assistance. Additionally, the potential recoverable heat energy from flue gas reached 5.67 kW. This study demonstrates that EFB and used oil can be utilized as alternative fuels in retort pyrolysis systems and have the potential to support the waste-to-energy concept based on renewable energy sources.

Keywords: biochar, EFB, pyrolysis, thermal regeneration.



@Hak cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



RANCANG BANGUN ALAT BIOCHAR TIPE RETORT BESERTA ANALISIS POTENSI THERMAL UNTUK PROSES REGENERASI

AHMAD YUSUF RIDHO

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN BIOSISTEM
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si

2. Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Biochar Tipe Retort Beserta Analisis
Potensi Termal untuk Proses Regenerasi.

Nama : Ahmad Yusuf Ridho
NIM : F1401211097

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T
NIP 198307102010121005



Diketahui oleh

Ketua Departemen
Teknik Mesin dan Biosistem:
Dr. Ir. Edy Hartulistiyoso, M.Sc.Agr
NIP 196304251989031001



Tanggal Ujian:
(24 Juni 2024)

Tanggal Lulus:
(tanggal penandatanganan oleh Dekan
Fakultas/Sekolah ...)



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan dengan judul "Rancang Bangun Alat Biochar Tipe Retort Beserta Analisis Potensi Termal untuk Proses Regenerasi". Skripsi ini disusun untuk menyelesaikan studi S1 di Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Dengan selesainya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Muhamad Yulianto, S.T., M.T yang telah membimbing dan mengarahkan saya selama proses penelitian dan penulisan karya berlangsung.
2. Dr. Leopold Oscar Nelwan, S.T.P., M.Si dan Dr. Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si selaku Tim Penguji dan Dr. Ir. Lilik Pujantoro Eko Nugrogo, M.Agr. selaku moderator yang sudah membantu dalam menyelesaikan ujian skripsi serta menyempurnakan karya tulis skripsi saya.
3. Seluruh Tendik dan Teknisi Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, terlebih Pak Angga Permana yang telah memberikan bantuan dalam memenuhi tugas akhir ini
4. Orang tua tercinta, Bapak Sismadi dan Ibu Umi, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan motivasi selama proses penelitian hingga penulisan karya
5. Teman-teman satu bimbingan S1, yang sudah bekerja sama dan banyak membantu selama proses penelitian berlangsung dari awal hingga akhir
6. Teman-teman satu angkatan, yang memberikan dukungan dan semangat dalam penyelesaian tugas akhir.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Juli 2025

Ahmad Yusuf Ridho



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pembakaran	4
2.2 Biochar dan Pirolisis	5
2.3 Alat Pirolisis	6
2.4 Tungku Energi Biomassa	7
2.5 Proses Regenerasi Termal	8
III METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.2.1 Alat dan Bahan Perancangan	9
3.2.2 Alat dan Bahan Manufaktur	9
3.2.3 Alat dan Bahan Pengujian	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Tahapan Perancangan	10
3.3.1.a Analisa proses pembakaran tungku	10
3.3.1.b Pengukuran sifat fisik dan termal bahan	13
3.3.1.c Analisa geometri dan dimensi	14
3.3.2 Tahapan Pengujian	15
3.3.2.a Analisa karakteristik termal	17
3.3.2.b Analisa rendemen biochar	20
3.3.2.c Analisa rambatan panas bahan dan energi spesifik sistem	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Perancangan	21
4.1.1 Rancangan Proses	21
4.1.2 Rancangan Struktural	21
4.1.3 Rancangan Fungsional	23
4.2 Pengujian Kinerja <i>Retort</i>	24
4.2.1 Profil Suhu Pembakaran	24
4.2.2 Profil suhu <i>chamber</i> pirolisis	26
4.2.3 Profil suhu <i>flue gas</i> luaran	29
4.3 Analisis Karakteristik Termal Sistem	30



4.3.1	Laju Energi Panas Total dan Pembakaran (Q_{in} dan Q_c)	31
4.3.2	Laju Energi Panas yang Hilang melalui Dinding (Q_{losses})	33
4.3.3	Laju Energi Panas Berguna Bahan (Q_g)	35
4.3.4	Analisis Laju aliran massa dan laju energi panas potensial <i>flue gas</i> (Q_{flue})	38
4.3.5	Efisiensi sistem	41
4.4	Analisis Rambatan Panas pada Bahan Pirolisis (TKKS)	43
4.5	Analisis Hasil Rendemen	45
4.6	Analisis Energi Spesifik dan Evaluasi Kinerja Sistem <i>Retort</i>	47
	SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1	Simpulan	49
5.2	Saran	49
	DAFTAR PUSTAKA	50
	LAMPIRAN	55
	RIWAYAT HIDUP	86