PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN WAKTU AKTIVASI ARANG TERHADAP KARAKTERISTIK BIOBRIKET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN CAMPURAN KULIT PISANG RAJA

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia

PUPUT TRI HANDAYANI
08031281722026

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN WAKTU AKTIVASI ARANG TERHADAP KARAKTERISTIK BIOBRIKET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN CAMPURAN KULIT PISANG RAJA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

PUPUT TRI HANDAYANI
08031281722026

Indralaya, 24 Juli 2021

Pembimbing I	**Pembimbing II**
Dr. Ady Mara, M.Si	**Fahma Riyanti, M.Si**
NIP. 196404301990031003	**NIP. 197204082000032001**

Mengetahui,
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Aktivasi Arang Terhadap Karakteristik Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Campuran Kulit Pisang Raja" telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 Juli 2021 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 24 Juli 2021

Ketua :

1. **Dr. Ady Mara, M.Si** ( )
   NIP. 196404301990031003

Anggota :

1. **Fahma Riyanti, M.Si** ( )
   NIP. 197204082000032001
2. **Dr. Desnelli, M.Si** ( )
   NIP. 196912251997022001
3. **Nova Yuliasari, M.Si** ( )
   NIP. 197307261999032001
4. **Dr. Ferlinahayati, M.Si** ( )
   NIP. 197402052000032001

Mengetahui,

Dekan FMIPA

Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M,Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Puput Tri Handayani
NIM : 08031281722026
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 24 Juli 2021
Penulis

Puput Tri Handayani
NIM. 08031281722026

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa	: Puput Tri Handayani
NIM	: 08031281722026
Fakultas/Jurusan	: MIPA/Kimia
Jenis Karya	: Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Aktivasi Arang Terhadap Karakteristik Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Campuran Kulit Pisang Raja". Dengan hak bebas royalty non-ekslusive ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 24 Juli 2021

Yang menyatakan,

Puput Tri Handayani

NIM. 08031281722026

SUMMARY

THE EFFECT OF SULFURIC ACID CONCENTRATION AND CHARCOAL ACTIVATION TIME TOWARD BIOBRIQUETTE CHARACTERISTICS OF PALM OIL EMPTY FRUIT BUNCH WITH PLANTAIN PEEL MIXTURE

Puput Tri Handayani: Supervised by Dr. Ady Mara, M.Si and Fahma Riyanti, M.Si
Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University
xix + 66 pages + 15 pictures + 14 tables + 4 attachments

Biobriquettes have been made from biomass in the form of palm oil empty fruit bunch with a mixture of plantain peel and tapioca adhesive. Palm oil empty fruit bunch were carbonized at a temperature of 600°C for 90 minutes. The carbonized OPEFB charcoal was activated with sulfuric acid with variations at activation time and sulfuric acid concentration. Activation time variations include 8, 16, and 24 hours, while variations in sulfuric acid concentration are 1, 1.5, and 2N. After the activation process, the charcoal is washed until the pH is neutral, dried, then the charcoal is mixed with tapioca adhesive, and plantain peel is then printed and pressed. The characteristics testing of bio briquettes is analyzed by moisture content using an oven, ash content and volatile content using a furnace, carbon content, and the calorific value tested using a bomb calorimeter. Therefore, these levels refer to SNI 01-6235-2000, and ANOVA testing is carried out to determine the effect of statistical variations.

The best bio briquettes were obtained from the best water content, ash content, volatile matter content, and carbon content bio briquettes which charcoal was activated with 2N sulfuric acid for 16 hours. When the biobriquettes conditions are best, the characteristics of the bio briquettes can be tested without adhesive, without plantain peel, and with adhesive. Bio briquette without adhesive produces better characteristics but cannot be molded and destroyed when pressed. The results of the characterization of bio briquettes with tapioca adhesive and a mixture of plantain peels were better than bio briquettes without plantain peels, which resulted in 4.79% moisture content, 9.27% ash content, 40.22% volatile matter content, 45.70% carbon content, and calorific value 15502.33 cal/g. Based on the bio briquette characterization data, moisture content and calorific value that meet SNI 01-6235-2000.

Keywords : Bio briquettes, Oil Palm Empty Fruit Bunches, Plantain Peel, Bio briquette Characterization
Citations : 73 (2000-2020)

RINGKASAN

PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT DAN WAKTU AKTIVASI ARANG TERHADAP KARAKTERISTIK BIOBRIKET TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DENGAN CAMPURAN KULIT PISANG RAJA

Puput Tri Handayani: Dibimbing oleh Dr. Ady Mara, M.Si dan Fahma Riyanti, M.Si
Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xix + 66 Halaman + 15 Gambar + 14 Tabel + 4 Lampiran

Telah dilakukan pembuatan biobriket dari biomassa berupa tandan kosong kelapa sawit dengan campuran kulit pisang raja dan perekat tapioka. Tandan kosong kelapa sawit dikarbonisasi dengan temperatur 600°C selama 90 menit. Arang TKKS hasil karbonisasi diaktivasi dengan asam sulfat dengan variasi waktu aktivasi dan konsentrasi asam sulfat. Variasi waktu aktivasi diantaranya 8, 16, dan 24 jam sedangkan variasi konsentrasi asam sulfat yaitu 1, 1,5, dan 2N. Setelah proses aktivasi dilakukan pencucian arang sampai pH netral, dikeringkan, lalu arang dicampur dengan perekat tapioka dan kulit pisang raja kemudian dicetak dan dipres. Pengujian karakteristik biobriket dengan analisis kadar air menggunakan oven, kadar abu dan kadar zat terbang menggunakan *furnace*, kadar karbon, dan nilai kalor yang diuji menggunakan *bomb calorimeter* dimana kadar-kadar ini mengacu pada SNI 01-6235-2000 dan dilakukan pengujian ANOVA untuk mengetahui pengaruh variasi yang dilakukan secara statistik.

Berdasarkan karakteristik yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat terbang, dan kadar karbon biobriket terbaik diperoleh oleh biobriket yang arangnya diaktivasi dengan asam sulfat 2N selama 16 jam. Kemudian berdasarkan kondisi terbaik dilakukan pengujian karakteristik biobriket tanpa perekat, tanpa kulit pisang raja, dan dengan perekat. Biobriket tanpa perekat menghasilkan karakteristik lebih baik namun tidak dapat dicetak dan hancur pada saat di pres. Hasil karakterisasi biobriket dengan perekat tapioka dan campuran kulit pisang raja lebih baik daripada biobriket tanpa kulit pisang raja, yaitu menghasilkan kadar air 4,79%, kadar abu 9,27%, kadar zat terbang 40,22%, kadar karbon 45,70% dan nilai kalor 15502,33 cal/g. Berdasarkan data karakterisasi biobriket, kadar air dan nilai kalor yang memenuhi SNI 01-6235-2000.

Kata Kunci : Biobriket, Tandan Kosong Kelapa Sawit, Kulit Pisang Raja, Karakterisasi Biobriket
Kutipan : 73 (2000-2020)

HALAMAN PERSEMBAHAN

"*Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya*"

[Qs. Al-Baqarah: 286]

"*..Maka bersabarlah kamu. Sungguh janji Allah itu benar..*"

[QS. Ar-Rum: 60]

Skripsi ini sebagai tanda syukurku kepada:

- Allah SWT
- Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

1. Ayahku Ngatimin dan mamaku Era Darawati tercinta yang tidak henti-hentinya mendoakanku dan memberi dukungan maupun materi
2. Abang-abang dan kakak-kakakku yang selalu mendoakanku
3. Pembimbing dan semua orang yang aku sayangi
4. Almamaterku (Universitas Sriwijaya)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhinya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul: "Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dan Waktu Aktivasi Arang Terhadap Karakteristik Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Campuran Kulit Pisang Raja". Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Ady Mara, M.Si** dan Ibu **Fahma Riyanti, M.Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, bantuan, motivasi, saran dan petunjuk kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ayah dan mama yang selalu menjadi alasan pertama mengapa puput masih bertahan sejauh ini, selalu memberi dukungan baik moril maupun materiil. Terimakasih atas segalanya, puput tidak mungkin mampu membalas segala jasa ayah dan mama tapi percayalah puput akan berusaha membahagiakan kalian.
2. Abang Fajar, Bang Albet, Kak Rina, dan Kak Tia yang selalu mendoakan puput, terimakasih atas segala support dan bantuan untuk puput.
3. Puput Tri Handayani, terimakasih sudah mau berjuang. Tetap seperti ini ya, jangan mudah menyerah, jangan gampang overthinking ya put. Selalu ingat ayah dan mama sebelum melakukan apapun. Semoga dipermudah segala urusannya.
4. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya

5. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya dan selaku dosen pembimbing akademik
6. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si. selaku sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya
7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si., Nova Yuliasari, M.Si., dan Dr. Desnelli, M.Si. selaku pembahas dan penguji sidang sarjana. Serta seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
8. Kepada Mbak Novi dan Kak Cosiin selaku Admin Jurusan Kimia yang banyak membantu dalam proses perkuliahan hingga tugas akhir.
9. Kak dian, kak kharimah, dan kak penty (2016) terimakasih banyak kak atas segala bantuannya, selalu jadi tempat bertanya dan selalu sabar menjawab apapun yang buat puput bingung. Terimakasih untuk alat-alat lab yang dihibahkan, sangat bermanfaat untuk kami yang ga bermodal ini. Sukses selalu kak, semoga kebaikannya jadi pahala.
10. Teruntuk teman tersayang Cawa Club's (Cik, Dilla, Fitri, Nyak, Saumi, Sheli), terimakasih kenangan luar biasa selama 4 tahun ini. Sahabat terbaik! Terimakasih sudah saling mendukung, ga merasa iri dengan pencapaian temannya, terimakasih sudah saling membantu. Untuk Cik, partner Sempro, Semhas, bahkan Sidang dikloter yang sama, semoga terwujud ketemu babang Exo. Terimakasih cik pernah membantu mengerjakan tugas KF. Semoga mukanya ga sering merah sendiri, semoga ketawanya ga serem lagi. Sheli, tetep jadi orang sabar dan lemah lembut. Semoga lawakannya meningkat ya biar ga garing lagi. Tolong sel jangan sering nguping percakapan kosan abang-abang sebelah. Btw Terimakasih udah bantu ngegrinder. Dilla yang sudah meninggalkan kami di Layo ini, semoga dimudahkan urusannya kedepan. Jangan lupa nongkrong dil, ayo bangun kenangan sebanyak-banyaknya selagi bisa. Makasi sering ngasih jawaban tugas. Untuk Saumi si sumber informasi apa aja, jangan sering nyanyi kalo lagi di bonceng. Kasian supirnya, budeg dan emosi. Tetep jadi orang yang suka nolong orang lain dan mau direpotin ya um. Untuk Nyak manusia heboh, jangan lupa cerita kalo ada masalah. Makasih nyak udah jadi temen

yang ga baik.. eh baik (dikit). Yang dulu katanya mau pindah tapi ga jadi, mamposs wkwk. Makasih sering kasih surprise nyak. Teruntuk Fitri atau Nafa, jangan sering panikan fit, stay cool, woles sistaa wkwk. Terimakasih sudah pernah membantu aku ngerjain tugas titrasi DKA sampe pagi. Skuy lah ngopi dibayarin fitri.

11. Hepeters (Icha, Izzah, Ayuna, dan Lovia), sahabat-sahabatku dari SMA. Terimakasih tetap ada walau jauh. Jangan putus komunikasi yaa! Jangan ada yang berubah. Semoga suatu saat bisa ngumpul bareng lagi. Semoga kita semua bisa sukses di jalan masing-masing. Tetap jadi orang baik. Tetap mendukung satu sama lain.
12. Untuk Yana, Vadia, dan Ipo semoga cepat menyusul. Terimakasih sudah mewarnai hari-hari hitam putih ku. Teruntuk yana, please jangan cengeng. Jangan terlalu percaya sama orang, jangan lupa gunain otak bukan perasaan doang. Jangan sakit-sakit. Jangan boros. Jangan ajak aku ghibah terus, tapi kalau ada info terbaru boleh lah spill dikit. Satu lagi, berhenti cari cowok lewat tinder/aplikasi apapun, bikin malu bangsa dan negara. Teruntuk Vadia, si manusia terlalu baik. Vad, nolak orang lain itu ga salah loh. Jangan selalu jadi orang yang ga enakan. Jangan lupa istirahat komandan! Tetep jadi orang baik vad tapi jangan mau dimanfaatin yaa. Semoga jodoh sama kating yang onoo noh wkwk. Kalau udah sukses, jangan beli soju please. Buat Ipo yang dulu aku kira nama laki-laki, semangat ngelab nya po. Selamat jadi anak kosan. Akur-akur sama nyak yang jadi partner lab, jangan kayak aku yang doyan gelud sama orang. Tetap jadi ipo yang heboh dan ceria. Walaupun ipo jahat karna ga dateng pas aku sidang, gapapa po. Tar kalo ipo muntah-muntah, itu aku yang ngirim santet.
13. Indi, Yohana, dan Reni terimakasih banyaak. Indi, terimakasih sudah banyak membantu dimasa perkuliahan. Semoga dimudahkan urusannya. Jangan bosan jadi orang baik. Yohana, akhirnya kita Lulus yoo. Ga perlu lagi rebutan furnace, lembur di lab, dan drama lainnya. Jangan nikah dulu yo, kerja dulu biar bisa ngasih aku THR, Oke?! Teruntuk Reni partner Te'A walaupun penelitiannya beda, terimakasih banyak atas segala bantuan.

Temen lembur di lab, makan di lab, dan berkeluh kesah tentang penelitian. Selamat melangkah maju!

14. Anak-anak pak Ady (Trikur, Yana, Jumik, Indah, dan Handika), semangat berproses gengs! Manusia-manusia gercep. Semangat menyelesaikan segala urusan perskripsian briket tersayang yang seperti anak sendiri. Sukses selalu!
15. Penghuni kantin belakang (Deyaak, Ojen, Ipo, Padiaa), teman sedari maba. Terimakasih banyak sudah menemani semasa maba. Sayangnya kelas memisahkan pertemanan kita wkwk. Sukses selalu semuanya. Deyaak, teman pertama waktu PK2, tapi harus memilih jalan berbeda ditengah-tengah perkuliahan. Tetap jadi orang baik deaa, bahagia selalu sama iam. Untuk Elsa, jangan pinter-pinter, tolong sumbangin otaknya ke aku! Terimakasih ojeen, satu-satunya orang yang bantu aku pas kartu atm rusak, I will always remember it. Semoga dimudahkan segala urusannya. Untuk ipo dan Vadia, jangan akting minum soju lagi di kos amanah, aku masih ingat ekspresi kalian. Tetap jadi orang gilaa! Manusia-manusia yang sangat menghibur.
16. Keke dan anggota Medinfo, terimakasih keke sudah banyak mengajari banyak hal, terimakasih sudah sabar menghadapi kadept abal-abal ini. Maaf kalau kakak banyak menuntut. Senang sekali bisa jadi partner keke di Medinfo. Selamat memasuki dunia perskripsian kee, semoga dilancarkan segala urusannya. Untuk teman-teman dan adik-adik Medinfo, terimakasih sudah mau membersamai selama kepengurusan Kabinet Hidrogen. Semoga lancar Tugas akhir dan kuliahnya. Jangan lupa berkontribusi di Himaki!
17. BPH Himaki (Kabinet Hidrogen), terimakasih banyak untuk segala kepercayaannya. Orang-orang hebat dengan pemikirannya masing-masing yang sulit disatukan, tapi tetap berusaha memberikan yang terbaik untuk departemennya. Semoga segala kerja keras bisa bermanfaat untuk orang banyak dan menjadi pahala untuk kita semua. Terimakasih sudah membuat aku dan keke jadi manusia super sibuk gara-gara pamflet yang ga terhitung lagi banyaknya.

18. BPH Coin 18/19, orang dengan berbagai jurusan disatukan. Terimakasih atas pengalaman, keceriaan, dan segala pembelajaran hidup. Manusia-manusia baik. Sekarang sudah jalan dengan arah yang berbeda, fokus dengan kehidupan masing-masing. Semoga suatu saat bisa berkumpul kembali dengan cara suksesnya masing-masing.
19. Kimia 2017 yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas segalanya. Senang mengenal kalian.
20. Semua pihak tertentu yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung ataupun tidak sehingga penulis dapat menyelesakan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
21. Terakhir tapi istimewa, terimakasih untuk orang yang aku panggil "Waan". Orang baik yang selalu mensupport aku. Kenal di 2014, dekat di 2015, perang dingin di 2016, dan baikan di 2017. Selalu menemani dari Lulus SMA hingga sekarang sudah sarjana. Semoga selalu jadi partner dalam segala hal. Semoga dimudahkan segala urusannya. Semoga segera menyusul dengan gelar S.T. Tetap jadi orang yang sabar dan pengertian. Daaan jangan nambahin utang es krim, tolong!

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan, dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga skirpsi ini dapat bermanfaat bagi semua serta pengembangan ilmu kimia di masa yang akan datang.

Indralaya, Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL .... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **iii**
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH…… **iv**
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS…….. **v**
SUMMARY……..... **vi**
RINGKASAN…….. **vii**
HALAMAN PERSEMBAHAN……**viii**
KATA PENGANTAR……..... **ix**
DAFTAR ISI ..... **xiv**
DAFTAR GAMBAR ..... **xvii**
DAFTAR TABEL ..... **xviii**
DAFTAR LAMPIRAN…….....……....**xix**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**
2.1 Energi Biomassa 5
2.2 Tandan Kosong Kelapa Sawit 6
2.3 Biobriket 7
2.4 Kulit Pisang 8
2.5 Tepung Tapioka 10
2.6 Proses Aktivasi 11
2.7 Karakteristik Biobriket 12
2.7.1 Kadar Air 12
2.7.2 Kadar Abu 12
2.7.3 Kadar Zat Terbang 13

2.7.4 Kadar Karbon 13
2.7.5 Nilai Kalor..... 13
2.8 *Bomb Calorimeter*..... 14
2.9 Standar Briket..... 14
2.10 Analysis of Variance (ANOVA)..... 15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 16
3.1 Waktu dan Tempat 16
3.2 Alat dan Bahan..... 16
3.2.1 Alat……. 16
3.2.2 Bahan..... 16
3.3 Prosedur Penelitian..... 16
3.3.1 Preparasi Tandan Kosong Kelapa Sawit 16
3.3.2 Karbonisasi..... 16
3.3.3 Aktivasi Kimia 17
3.3.4 Pembuatan Perekat Kulit Pisang Raja 17
3.3.5 Pembuatan Perekat Tapioka..... 18
3.3.6 Pembuatan Biobriket..... 18
3.3.7 Analisis Karakteristik Biobriket TKKS……. 18
3.3.7.1 Analisa Kadar Air……..... 18
3.3.7.2 Analisa Kadar Abu……..... 19
3.3.7.3 Analisa Kadar Zat Terbang (*Volatile matter*)…..…. 19
3.3.7.4 Analisa Kadar Karbon…… 20
3.3.7.5 Analisa Nilai Kalor……..... 20
3.3.8 Analisa ANOVA……..... 21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 22
4.1 Karakterisasi Biobriket TKKS dengan Campuran Kulit Pisang Raja dan Perekat Tapioka Terhadap Variasi Waktu Aktivasi Arang dengan Asam Sulfat 1N …..……..… 22
4.1.1 Kadar Air……...……. 22
4.1.2 Kadar Abu…….. 24
4.1.3 Kadar Zat Terbang…….……. 26
4.1.4 Kadar Karbon……..…… 28
4.1.5 Nilai Kalor…….. 29

4.2 Karakterisasi Biobriket TKKS dengan Campuran Kulit Pisang Raja dan Perekat Tapioka Terhadap Variasi Konsentrasi Asam Sulfat pada Proses Aktivasi Arang Selama 16 jam ……..… 31

4.2.1 Kadar Air……..….. 31

4.2.2 Kadar Abu……. 32

4.2.3 Kadar Zat Terbang……. 34

4.2.4 Kadar Karbon…… 36

4.2.5 Nilai Kalor……. 37

4.3 Perbandingan Biobriket TKKS dengan Kondisi Tanpa Kulit Pisang Raja, Tanpa Perekat, dan Menggunakan Perekat…… 39

4.3.1 Kadar Air…… 40

4.3.2 Kadar Abu…….. 41

4.3.3 Kadar Zat Terbang……. 43

4.3.4 Kadar Karbon……. 44

4.3.5 Nilai Kalor…….. 46

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 48

5.1 Kesimpulan…… 48

5.2 Saran…… 48

DAFTAR PUSTAKA…… 49

LAMPIRAN..... 55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik kadar air biobriket terhadap variasi waktu aktivasi arang……. 22

Gambar 2. Grafik kadar abu biobriket terhadap variasi waktu aktivasi arang……. 24

Gambar 3. Grafik kadar zat terbang biobriket terhadap waktu aktivasi arang……...……. 26

Gambar 4. Grafik kadar karbon biobriket terhadap waktu aktivasi arang……. 28

Gambar 5. Grafik kadar air biobriket terhadap konsentrasi asam sulfat pada aktivasi arang selama 16 jam……..…… 31

Gambar 6. Grafik kadar abu biobriket terhadap konsentrasi asam sulfat pada aktivasi arang selama 16 jam……..…… 33

Gambar 7. Grafik kadar zat terbang biobriket terhadap konsentrasi asam sulfat pada aktivasi arang selama 16 jam……..…….. 35

Gambar 8. Grafik kadar karbon biobriket terhadap konsentrasi asam sulfat pada aktivasi arang selama 16 jam……..…… 36

Gambar 9. Arang TKKS dengan aktivasi dan arang TKKS tanpa aktivasi….. 39

Gambar 10. Pencetakan biobriket tanpa perekat……. 40

Gambar 11. Diagram batang kadar air biobriket TKKS dengan berbagai kondisi…….. 40

Gambar 12. Diagram batang kadar abu biobriket TKKS dengan berbagai kondisi…….. 42

Gambar 13. Diagram batang kadar zat terbang biobriket TKKS dengan berbagai kondisi……... 43

Gambar 14. Diagram batang kadar karbon biobriket TKKS dengan berbagai kondisi……... 45

Gambar 15. Diagram batang nilai kalor biobriket TKKS dengan berbagai kondisi…….. 46

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kandungan Amilosa dan Amilopektin pada Berbagai Jenis Pati..... 10

Tabel 2. Daftar Kandungan Bahan Perekat……... 11

Tabel 3. Standar Kualitas Briket……... 14

Tabel 4. Hasil analisis biobriket TKKS terhadap variasi waktu aktivasi arang dengan asam sulfat 1N……..… 56

Tabel 5. Hasil analisis biobriket TKKS terhadap variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu aktivasi arang 16 jam……. 57

Tabel 6. Hasil analisis biobriket TKKS dengan berbagai kondisi……... 58

Tabel 7. Hasil uji Kadar air menggunakan anova variasi waktu aktivasi dengan asam sulfat 1N……... 63

Tabel 8. Hasil uji Kadar abu menggunakan anova variasi waktu aktivasi dengan asam sulfat 1N…… 63

Tabel 9. Hasil uji Kadar zat terbang menggunakan anova variasi waktu aktivasi dengan asam sulfat 1N…….. 63

Tabel 10. Hasil uji kadar karbon menggunakan anova variasi waktu aktivasi dengan asam sulfat 1N……... 63

Tabel 11. Hasil uji Kadar air menggunakan anova variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu aktivasi 16 jam……... 64

Tabel 12. Hasil uji Kadar abu menggunakan anova variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu aktivasi 16 jam……... 64

Tabel 13. Hasil uji Kadar zat terbang menggunakan anova variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu aktivasi 16 jam……..... 64

Tabel 14. Hasil uji Kadar karbon menggunakan anova variasi konsentrasi asam sulfat dengan waktu aktivasi 16 jam…….. 64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Penelitian Pembuatan Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit……..... 56

Lampiran 2. Perhitungan Sifat Fisik dan Nilai Kalor Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit…….. 59

Lampiran 3. Data Hasil Analisa ANOVA Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit……..... 63

Lampiran 4. Gambar……. 65

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, negara Indonesia memiliki populasi penduduk di urutan keempat terbesar di dunia. Hasil sensus Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS) tahun 2010, mencatat 237,5 juta penduduk Indonesia. Populasi yang besar menimbulkan kebutuhan energi yang besar pula karena energi berperan penting dalam kehidupan manusia. Menurut Mariki dkk (2017) konsumsi energi terus meningkat rata-rata sebanyak 3,46% dimana paling besar penggunaan energi pada sektor industri (37,17%), sedangkan pada sektor rumah tangga sebesar 29,43%, transportasi (28,10%), komersial (3,24%) dan lainnya sebesar 2,04%.

Besarnya penggunaan energi mengakibatkan menipisnya sumber energi dalam bumi. Fosil sebagai sumber daya alam utama yang digunakan sebagai sumber energi sebaiknya mulai digantikan dengan sumber energi alternatif dimana dapat diperbaharui sehingga dapat digunakan terus-menerus, seperti energi biomassa (Aristiyanto dan Palupi, 2014). Menurut Supriyatno dan Crishna (2010) biomassa merupakan bahan organik dimana sebagian besar kandungannya berupa lignoselulosa yang banyak mengandung atom karbon. Menurut Ndraha (2009) keunggulan biomassa yaitu tidak menyebabkan polusi udara karena relatif tidak mengandung unsur sulfur (S) dan harganya terjangkau karena berasal dari limbah aktifitas manusia.

Salah satu biomassa yang sangat melimpah di Indonesia yaitu limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Tarkono dan Ali (2015) melaporkan produksi kelapa sawit yang mengalami peningkatan secara nasional menyebabkan limbah TKKS juga meningkat sehingga mengakibatkan permasalahan lingkungan. Limbah TKKS ini dapat dijadikan sumber energi alternatif, misalnya dijadikan biobriket. Biobriket merupakan gumpalan atau batangan arang dari biomassa yang dipadatkan. Menurut Putra dkk (2013) briket dari limbah TKKS menghasilkan kadar abu yang sedikit. Biobriket memiliki beberapa keunggulan diantaranya nilai

kalornya tinggi, waktu pembakaran yang lebih lama, dan porositasnya dapat diatur sehingga memudahkan proses pembakaran (Martynis dkk, 2012).

Pembuatan biobriket dapat dilakukan dengan penambahan perekat maupun tanpa perekat. Namun apabila tanpa perekat, biobriket akan mudah hancur sehingga sebaiknya dilakukan penambahan perekat agar biobriket lebih padat dan tidak mudah hancur. Perekat yang paling umum digunakan yaitu perekat tapioka. Menurut Susanto dan Yanto (2013) selain mudah didapat karena banyak terdapat di pasaran, harga tapioka juga relatif murah. Asap yang dihasilkan dari perekat ini juga sedikit daripada bahan lain. Tapioka juga dapat digunakan sebagai bahan pengolahan makanan sehingga dapat bersaing dalam pemanfaatannya sebagai perekat. Oleh karena itu, sebaiknya digunakan bahan lain yang tidak bersaing dalam pemanfaatannya sebagai bahan makanan misalnya limbah kulit pisang. Kulit pisang mengandung pektin dimana pektin dapat dimanfaatkan sebagai perekat (Timang dkk, 2019). Sjarif (2017) menganalisis nilai kalor bahan baku kering untuk biobriket yaitu kulit pisang raja dan kulit pisang kapok dimana didapatkan hasil nilai kalor kulit pisang raja sebesar 4402 kal/g sedangkan kulit pisang kepok sebesar 4250 kal/g. Pada Kulit pisang juga terkandung lignoselulosa sehingga dapat dijadikan bahan bakar. Maka dari itu, penggunaan perekat dari kulit pisang raja dan tapioka diharapkan dapat menghasilkan biobriket yang baik.

Upaya meningkatkan kualitas biobriket, arang yang belum dipadatkan menjadi briket sebaiknya diaktivasi secara fisika dan kimia. Menurut Asrijal dkk (2014) ada beberapa keunggulan dari aktivasi kimia dibandingkan aktivasi fisika, antara lain temperatur yang digunakan cukup rendah namun luas permukaannya lebih besar karena lebih banyak pori-pori yang terbuka pada aktivasi ini. Salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai aktivator adalah asam sulfat karena bersifat *dehydrating agent*. Selain itu, situs aktif pada asam sulfat lebih banyak daripada aktivator asam lainnya. Kurniati (2008) mengatakan waktu perendaman, ukuran bahan, dan konsentrasi aktivator adalah faktor yang mempengaruhi proses aktivasi.

Ristianingsih dkk (2015) melaporkan pembuatan biobriket dengan komposisi 95% arang TKKS dan 5% tapioka yang dikarbonisasi pada temperatur 500°C dimana nilai kalor yang didapat sebesar sebesar 6748,15 kal/g. Tafa’wulan

(2020) melakukan pembuatan biobriket dari tandan kosong kelapa sawit dengan perekat kulit pisang kepok dan tapioka dimana proses karbonisasi dilakukan dengan variasi waktu dan temperatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu dan temperatur optimum mencapai 90 menit dan 600℃ dimana nilai kalor terbaik yang dihasilkan sebesar 10837,4 kal/g namun tanpa proses aktivasi kimia. Maka dengan melihat hasil penelitian sebelumnya, pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan biobriket dari tandan kosong kelapa sawit dengan campuran limbah kulit pisang raja dan perekat tapioka dimana akan dilakukan karbonisasi dan aktivasi arang TKKS secara kimia dengan memvariasikan konsentrasi asam sulfat dan waktu aktivasi.

1.2 Rumusan Masalah

Populasi penduduk yang meningkat menyebabkan kebutuhan energi meningkat pula. Namun energi fosil semakin menipis sehingga diperlukan energi alternatif seperti biomassa. Biomassa tandan kosong kelapa sawit mudah ditemukan karena jumlahnya melimpah dan kurang termanfaatkan begitu pula pada kulit pisang yang terbuang begitu saja sehingga perpaduan antara tandan kosong kelapa sawit dengan kulit pisang dapat dimanfaatkan menjadi biobriket. Biobriket dapat diaktivasi dengan senyawa kimia, misalnya asam sulfat. Aktivasi ini dilakukan untuk membuka pori-pori arang sehingga dapat meminimalisir pengotor sisa pembakaran. Sehingga pada penelitian ini akan dilihat bagaimana karakteristik biobriket dari tandan kosong kelapa sawit dengan campuran limbah kulit pisang raja & perekat tapioka dimana akan dilakukan aktivasi arang TKKS secara kimia dengan memvariasikan konsentrasi asam sulfat dan waktu aktivasi.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi waktu pada proses aktivasi arang TKKS terhadap karakteristik biobriket TKKS
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat pada proses aktivasi arang TKKS terhadap karakteristik biobriket TKKS
3. Menganalisis pengaruh campuran kulit pisang terhadap karakteristik biobriket TKKS terutama pada nilai kalornya

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai pembuatan biobriket dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit dan kulit pisang raja
2. Memanfaatkan limbah biomassa tandan kosong kelapa sawit maupun limbah kulit pisang raja

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, K., Zulfa dan Jyoti, M. D. (2016). Pengaruh Penambahan Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Kualitas Briket Berbahan Utama Limbah Kulit Singkong, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 27(1), 49–58.

Adzikri, F., Notosudjono, D dan Suhendi, D. (2017). Strategi Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, *Jurnal Online Mahasiswa (Jom) Bidang Teknik Elektro*, 1(1), 1–13.

Agung, A. I. (2013). Potensi Sumber Energi Alternatif dalam Mendukung Kelistrikan Nasional, *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2(2), 892–897.

Aristiyanto, E. Y dan Palupi, A. E. (2014). Pembuatan Biobriket Dari Campuran Limbah Kulit Pisang dan Serbuk Gergaji Menggunakan Perekat Tetes Tebu, *JTM*, 3(1), 89–95.

Arni, Labania, H. M dan Nismayanti, A. (2014). Studi Uji Karakteristik Fisis Briket Bioarang sebagai Sumber Energi Alternatif, *Online Jurnal of Natural Science*, 3(1), 89–98.

Asrijal, A., Chadijah, S., & Aisyah, A. (2014). Variasi konsentrasi aktivator asam sulfat (H2SO4) pada karbon aktif ampas tebu terhadap kapasitas adsorpsi logam timbal. *Al-Kimia*, 2(1), 33-44.

Badan Standardisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia Briket Arang Kayu*, *SNI 01-6235-2000*.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2018). *Statistik Perkebunan Indonesia (Tree Crop Estate Statistics Of Indonesia 2017-2019) Kelapa Sawit (Palm Oil)*. Available at: http://ditjenbun.pertanian.go.id.

Ekayuliana, A., & Hidayati, N. (2020). Analisis Nilai Kalor dan Nilai Ultimate Briket Sampah Organik Dengan Bubur Kertas. Jurnal Mekanik Terapan, 1(2), 107-115.

Elfiano, E., Subekti, P dan Sadil, A. (2014). Analisa Proksimat dan Nilai Kalor pada Briket Bioarang Limbah Ampas Tebu dan Arang Kayu, *Jurnal Aptek*, 6(1), 57–64.

Faujiah. (2016). *Pengaruh Konsentrasi Perekat Tepung Tapioka Terhadap Kualitas Briket Arang Kulit Buah Nipah (Nyfa fruticans wurmb)*, Skripsi, Universitas Islam Negeri Alauddin

Fitri, N. (2017). Pembuatan Briket dari Campuran Kulit Kopi (*coffea arabica*) dan Serbuk Gergaji dengan Menggunakan Getah Pinus Sebagai Perekat. *Skripsi*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin.

Gandhi, A. (2009). *Pengaruh Variasi Jumlah Campuran Perekat Terhadap Karakteristik Briket Arang Tongkol Jagung*, Skripsi, Universitas Negeri

Semarang.

Ghafur, Abdul dan Mitarlis. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Limbah Padat Proses Sintesis Furfural Berbahan Dasar Sekam Padi dengan Variasi Suhu Karbonasi dan Lama Aktivasi.UNESA *Journal of Chemistry*.Surabaya : UNESA.

Hanum, F., Kaban, I. M. D dan Tarigan, M. A. (2012). Ekstraksi Pektin dari Kulit Buah Pisang Raja (Musa sapientum), *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(2), 21–26.

Hayati, N. (2018). Optimasi Kondisi Pirolisis dan Pengeringan pada Proksimat Arang Tempurung Kelapa dengan Metode Taguchi, *Simetris*, 12(1), 6-12.

Hendrawan, Y., Sutan, S. M., & YR, R. K. (2017). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem, 5(3), 200-207.

Herlina, N., & Esterlita, M. O. (2015). Pengaruh penambahan aktivator ZnCl2, KOH dan H3PO4 dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (arenga pinnata). *Jurnal Teknik Kimia*, *4*(1), 47-52.

Husin, A., & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H3PO4) Dan Waktu Perendaman Karbon Terhadap Karakteristik Karbon Aktif Dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(2), 80-86.

Jamilatun, S. (2008). Sifat-sifat penyalaan dan pembakaran briket biomassa, briket batubara dan arang kayu. Jurnal Rekayasa Proses, 2(2), 37-40.

Jamilatun, S., Isparulita, I. D., & Putri, E. N. (2014). Karakteristik Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Pengaktivasi H2SO4 Variasi Suhu dan Waktu. *Simposium Nasional Teknologi Terapan*. Yogyakarta : Universitas Ahmad Dahlan.

Kahariayadi, A., Setyawati, D., Diba, F., & Roslinda, E. (2015). Kualitas Arang Briket Berdasarkan Persentase Arang Batang Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq) dan Arang Kayu Laban (Vitex pubescens Vahl). *Jurnal Hutan Lestari*, 3(4): 561-568.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. *Indonesia 2050 Pathway Calculator Panduan Pengguna Untuk Sektor Rumah Tangga*, 1–23. Available at: calculator2050.esdm.go.id/pathways//mini_paper/comparator/.

Kurnia, R., Hamzah, F dan Zalfiatri, Y. 2018. Karakteristik Briket Arang dari Campuran Tandan Kosong dan Daun Kelapa Sawit. *Jurnal UR*. 5(1): 1-14.

Kurniati, E. (2008). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 8(2), 96–103.

Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi karbon aktif dari batubara bituminus dengan aktivasi tunggal H3PO4, kombinasi H3PO4-NH4HCO3, dan termal. Reaktor, 17(2), 74-80.

Laos, L. E., Masturi, dan Yulianti, I. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri, *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, V: 135-140.

Laos, L. E dan Selan, A. (2016). Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif. JIPF (Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika), 1(1), 32-36.

Lestari, L., Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati dan Marliani. (2010). Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perekat Sagu dan Kanji, *Jurnal Aplikasi Fisika*, 6(2), 93–96.

Marbun, H. A., Giyanto dan Sinaga, H. (2019). Pembuatan Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Tempurung Kelapa sebagai Sumber Energi Alternatif Ramah Lingkungan, *Jurnal Agro Fabrica*, 1(1), 14-20.

Mardiah, A. (2019). *Pembuatan dan Pengujian Karakteristik Briket dari Sampah Daun dan Kertas di PT. Indonesia Power Up Suralaya Banten*, Skripsi, Institut Pertanian Bogor.

Mariki, I. W. W., Wahyudi, S dan Widhiyanuriyawan, D. (2017). Karakteristik Pembakaran Biobriket Kulit dan Cangkang Karet (Hevea Brasiliensis) dengan Perekat Glyserin, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 8(1), 1–8.

Marpaung, J. L., Sutrisno, A dan Lumintang, R. (2017). Penerapan Metode ANOVA untuk Analisis Sifat Mekanik Komposit Serabut Kelapa, *Journal Online Poros Teknik Mesin*, 6(2), 151–162.

Martynis, M., Sundari, E dan Sari, E. (2012). Pembuatan Biobriket dari Limbah Cangkang Kakao, *Jurnal Litbang Industri*, 2(1), 35–41.

McKendry, P. (2002). Energy Production from Biomass (Part 1): Overview of Biomass, *Bioresource Technology*, 83(1), 37–46.

Munjeri, K., Ziuku, S., Maganga, H., Siachingoma, B and Ndlovu, S. (2016). On the Potential of Water Hyacinth as a Biomass Briquette for Heating Applications, *International Journal of Energy and Environmental Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 7(1), 37–43.

Murdani, F. C. (2017). Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai Alternatif Material Tekstil dengan Teknik Rekarakit Tekstil, *e-Proceeding of Art & Design*, 4(3), 1187–1206.

Musita, N. (2009). Kajian Kandungan dan Karakteristik Pati Resisten dari Berbagai Varietas Pisang, *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 14(1), 68–79.

Nasruddin dan Affandy, R. (2011). Karakteristik Briket dari Tongkol Jagung dengan Perekat Tetes Tebu dan Kanji, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22(2), 1–10.

Ndraha, N. (2009). *Uji Komposisi Bahan Pembuat Briket Bioarang Tempurung Kelapa dan Serbuk Kayu Terhadap Mutu yang Dihasilkan*, Skripsi, Universitas Sumatera Utara.

Novananda, A., Rahmawati, I., Sani, S., Astuti, D. H., & Suprianti, L. (2020). Karbon Aktif dari Batubara Lignite dengan Proses Aktivasi Menggunakan Hidrogen Flourida. *Jurnal Teknik Kimia*, 15(1), 8-14.

Nurhalim, N., Cahyono, R. B., dan Hidayat, M. 2017. Karakteristik Bio-Briket Berbahan Baku Batu Bara dan Batang/Ampas Tebu Terhadap Kualitas dan Laju Pembakaran. *Jurnal Rekayasa Proses*. *12*(1): 51.

Nurhilal, O., Setianto dan Suhanda, A. (2017). Desain Kalorimeter Bomb Biomassa dengan Metode Oksigen Dinamik, *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 1(2), 105–111.

Padam, B. S., Tin, H. S and Chye, F. Y. (2014). Banana By-Products: an Under-Utilized Renewable Food Biomass with Great Potential, *Journal of Food Science and Technology*, 51(12), 3527–3545.

Paisal dan Karyani, M. S. (2016). Peningkatan Kualitas Briket Arang Campuran Sampah Kulit Durian dan Sampah Kulit Pisang pada Berbagai Komposisi, *Bimafika, 5*(2), 600-606.

Putra, H. P., Hakim, L., Yuriandala, Y dan Anggraini, D. K. (2013). Studi Kualitas Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Limbah Nasi, *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, 5(1), 27–35.

Putri, P. T. 2020. Pembuatan Biobriket dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Perekat Kulit Pisang Kepok dan Tapioka pada Variasi Temperatur dan Waktu Karbonisasi. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.

Putri, R. E dan Andasuryani. (2017). Studi Mutu Briket Arang dengan Bahan Baku Limbah Biomassa, *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 21(2), 143–151.

Rahayu, R. (2015). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang dan Serbuk Kayu Menjadi Ekobriket sebagai Energi Alternatif, *Skripsi*, Institut Teknologi Nasional.

Rahman, A. (2018). Karakteristik Bahan Bakar Biomassa Jenis Tandan , Cangkang dan Serat Kelapa Sawit Serta Pengaruh Timbulnya Pengotoran Alat Penukar Kalor pada Ketel Uap, *Skripsi*, Universitas Sumatera Utara.

Rahmawati, S., Wahyuni, S., & Khaeruni, A. (2019). Pengaruh Modifikasi terhadap Karakteristik Kimia Tepung Sagu Termodifikasi: Studi Kepustakaan. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 4(2): 2096-2103.

Ramadhana, H. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Raja (Musa textillia) menjadi Karbon Aktif sebagai Kapasitansi Elektroda Kapasitor. *Skripsi*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Rifdah. (2015). Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Nilai Kalor Briket dari Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Perekat Tepung Tapioka, *Berkala Teknik*, 5(1), 814–822.

Ristianingsih, Y., Ulfa, A dan Syafitri, R. (2015). Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Perekat terhadap Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis, *Jurnal Konversi*, 4(2), 45–51.

Roikah, S., Rengga, W. D. P., Latifah dan Kusumastuti, E. (2016). Ekstraksi dan Karakterisasi Pektin dari Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi,L*), *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), 29-36.

Sahara, E., Sulihingtyas, W. D dan Mahardika, I. P. A. S. (2017). Pembuatan dan Karakterisasi Arang Aktif dari Batang Tanaman Gumitir (*Tagetes erecta*) yang Diaktivasi dengan H_3PO_4. *Jurnal Kimia*, 11(1):1-9.

Salim, R., Cahyana., B. T., Prabawa, I. D. G. P dan Hamdi, S. 2019. Potensi Bambu Untuk Pemanfaatan Sebagai Bahan Bakar Arang Dengan Metode Pengarangan Retort Tungku Drum, *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(2): 230-241.

Sandra, J. A., Lutfi, M., & Nugroho, W. A. (2014). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Biochar dari Sludge Biogas pada Proses Aktivasi. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(3): 205-210.

Sary, D. P. (2020). *Optimalisasi Pembuatan Biobriket Gambut Terkarbonisasi dan Teraktivasi*, Skripsi, Universitas Sriwijaya.

Sjarif, S. R. (2017). Karakteristik Briket Dari Campuran Limbah Kulit Pisang dan Limbah Serbuk Gergaji, *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 9(2), 97–106.

Supriyatno dan Crishna, M. (2010). Studi Kasus Energi Alternatif Briket Sampah Lingkungan Kampus POLBAN Bandung, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, (21), 1–9.

Suryani, I., Permana, M. Y dan Dahlan, M. H. (2012). Pembuatan Briket Arang dari Campuran Buah Bintaro dan Tempurung Kelapa Menggunakan Perekat Amilum, *Jurnal Teknik Kimia*, 18(1), 24–29.

Susanto, A dan Yanto, T. (2013). Pembuatan Briket Bioarang dari Cangkang dan Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 6(2), 68–81.

Susanto, H. (2018). *Pengembangan Teknologi Gasifikasi untuk Mendukung*

Kemandirian Energi dan Industri Kimia, Bandung, Forum Guru Besar Institut Teknologi Bandung.

Tafa'wulan, K. (2020). Preparasi dan Karakteristik Biobriket Tandan Kosong Kelapa Sawit Berdasarkan Variasi Waktu dan Temperatur Karbonisasi dengan Perekat Kulit Pisang Kepok dan Tapioka, *Skripsi*, Universitas Sriwijaya.

Tarkono and Ali, H. (2015). Pemanfaatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Produksi Eternit yang Ramah Lingkungan, 1(1), 1–7.

Thoha, M. Y dan Fajrin, D. E. (2010). Pembuatan Briket Arang dari Daun Jati dengan Sagu Aren Sebagai Pengikat, *Jurnal Teknik Kimia*, 17(1), 34–43.

Timang, S. I., Sabang, S. M dan Ratman. (2019). Analisis Kadar Pektin pada Kulit Pisang Kepok (Musa paradisiaca) dan Pisang Raja (Musa sapientum), *J Akademika Kim*, 8(2), 112–116.

Tuhuloula, A., Budiyarti, L dan Fitriana, E. N. (2013). Karakterisasi Pektin dengan Memanfaatkan Limbah Kulit Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi, *Jurnal Konversi*, 2(1), 21–27.

Ugwu, K and Agbo, K. (2013). Evaluation of Binders in the Production of Briquettes from Empty Fruit Bunches of Elais Guinensis, *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 2(4), 176–179.

Wardani, A. P. K dan Widiawati, D. (2014). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Material Tekstil dengan Pewarna Alam untuk Produk Kriya, *Jurnal Tingkat Sarjana bidang Senirupa dan Desain*, 3(1), 1–1

Wulandari, F., Erlina, E., Bintoro, R. A., Budi, E., Umiatin, U dan Nasbey, H. (2014). Pengaruh Temperatur Pengeringan Pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat Untuk Penyaringan Air Keruh. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, Vol. 3, 289-293.

Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2017). Penentuan Kadar Air Hilang dan Volatile Matter pada Bio-briket dari Campuran Arang Sekam Padi dan Batok Kelapa. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 1(1), 51-57.