

PEMANFAATAN LIMBAH PADAT HASIL HIDROLISIS DARI KULIT SINGKONG MENJADI BIOBRIKET

Irmawati Syahrir ¹⁾, Muhammad Syahrir ²⁾, Sirajuddin ³⁾

^{1),2),3)} Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda
Jl. Dr. Ciptomangunkusumo Samarinda
Email : syahririrmawati@gmail.com

Abstrak . Pembuatan bioethanol dari kulit singkong menghasilkan limbah padat hasil hidrolisis yang merupakan hasil samping selain hidrolisat. Rendemen (limbah padat) yang dihasilkan pada pembuatan bioethanol dari kulit singkong sebesar 42,23%. Penelitian ini bertujuan mendapatkan waktu optimum dalam proses karbonasi dan pengaruh massa tepung tapioka sebagai perekat sehingga mendapatkan biobriket yang sesuai dengan standar SNI 01-6235-2000. 270 gram rendemen (limbah padat) dikarbonasi dengan variasi waktu 30, 60, 90 dan 120 menit pada temperatur 500°C. Lalu mengecilkan ukuran arang -70+100 mesh. Setelah itu arang dicampur dengan perekat tapioka dengan variasi massa tepung tapioka 0,75, 1,125, 1,5, 1,875 dan 2,25 gram dan ditambahkan air dengan perbandingan massa tepung tapioka dan volume air 1:10. Campuran tersebut dicetak dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C selama 24 jam. Hasil terbaik diperoleh pada waktu karbonasi 30 menit dan massa tepung tapioka 1,5 gram dengan nilai kalor 5449 kal/g, kadar air 7,89%; kadar abu 7,72%; kadar zat terbang 32,7% dan kandungan karbon 78,69%.

Kata kunci: biobriket, karbonasi, limbah

1 Pendahuluan

Singkong merupakan tanaman pangan yang biasa ditanam hampir di seluruh Indonesia. Di wilayah Kalimantan Timur khususnya kota Samarinda, produksi singkong pada tahun 2014 mencapai 1.478 ton/tahun (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Kota Samarinda, 2015). Limbah yang dihasilkan singkong berupa kulitnya. Dengan presentase jumlah kulit bagian luar 0,5-2% dari berat total dan kulit bagian dalam sebesar 8-15% (Sukmawati dkk., 2009)

Pada pembuatan bioethanol dari kulit singkong terdapat limbah padat hasil hidrolisis yang merupakan hasil samping selain hidrolisat. Pada pembuatan bioethanol menghasilkan rendemen (limbah padat) sebesar 42,23% (Agustin, 2016) . Limbah padat hasil hidrolisis saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal karena dianggap sebagai limbah yang tak bernilai serta sebagai limbah yang tidak dapat dimanfaatkan kembali.

Limbah padat hasil hidrolisis mengandung karbon yaitu sebesar 12,55% (Agustin, 2016). Bahan baku yang akan digunakan menjadi briket harus mengandung karbon sehingga limbah padat hasil hidrolisis ini berpotensi untuk dapat diolah dengan proses karbonasi dan menjadi briket.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan waktu optimum dalam proses karbonasi dan pengaruh massa tepung tapioka sebagai perekat sehingga mendapatkan biobriket yang sesuai dengan standar SNI 01-6235-2000. Manfaat dari penelitian ini adalah mengurangi jumlah limbah kulit singkong dan residu hasil hidrolisis yang tidak dimanfaatkan dan meningkatkan nilai ekonomis dari kulit singkong.

1.1 Singkong

Kulit singkong merupakan limbah dari singkong yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi. Selama ini, kulit singkong umumnya digunakan sebagai makanan ternak dan kadang hanya dibuang begitu saja menjadi sampah (Sukmawati dan Milati, 2009).

Presentase jumlah limbah kulit bagian luar sebesar 0,5-2% dari berat total singkong segar dan limbah kulit bagian dalam sebesar 8-15% (Sukmawati dan Milati, 2009). Limbah kulit singkong termasuk dalam kategori sampah organik karena sampah ini dapat terdegradasi (membusuk/hancur) secara alami.

Komposisi kimia kulit singkong adalah air 7,9-10,32%, pati 44-59%, protein 2,5-3,7%, lemak 0,8-2,1%, abu 0,2-2,3%, serat 17,5-27,4%, Ca 0,42-0,77%, Mg 0,12-0,24%, P 0,02-0,2%, dan HCN 18,0-309,5% (Rukmana, 1977).

1.2 Biobriket

Briket merupakan bahan bakar padat yang terbuat dari limbah organik, limbah pabrik maupun dari limbah perkotaan. Bahan bakar padat ini merupakan bahan bakar alternatif atau merupakan pengganti bahan bakar minyak yang paling murah dan dimungkinkan untuk dikembangkan secara masal (Hambali, dkk, 2007).

Pembuatan biobriket tergolong mudah, karena teknologinya sangat sederhana. Proses pembuatan biobriket melalui empat tahap, yaitu pengeringan, penggerusaan, pencampuran, dan pembentukan campuran menjadi biobriket. Biobriket sebagai bahan bakar nabati dalam bentuk padat dan teratur karena dicetak dengan konfigurasi tertentu. Berikut ini manfaat biobriket :

1. Sangat mudah untuk ditranspor/didistribusikan ke daerah-daerah penggunaanya.
2. Mudah untuk disimpan di tempat-tempat penyimpanan.
3. Dengan harga yang relative murah banyak membantu rumah tangga sederhana memperoleh bahan bakar untuk keperluan masak-memasak (Hambali, dkk, 2007).

Dalam pembuatan biobriket terdapat beberapa faktor mempengaruhi kualitas biobriket yang dihasilkan antara lain jenis bahan baku, bahan perekat, ukuran partikel dan tekanan

1.3 Standar Briket

Penentuan kualitas briket pada umumnya dilakukan terhadap komposisi kimia seperti kadar abu, kadar air, kadar zat terbang, kandungan karbon dan nilai kalor. Standar kualitas briket arang menurut SNI 01-6235-2000, syarat mutu briket adalah sebagai berikut

Tabel 1. Standar Kualitas Briket Arang menurut SNI 01-6235-2000

| No. | Jenis Uji | Satuan | Persyaratan |
|-----|---------------------|--------|-------------|
| 1. | Kadar air | % | maks.8 |
| 2. | Zat terbang | % | maks.15 |
| 3. | Kadar abu | % | maks.8 |
| 4. | Kadar Karbon | % | min.77 |
| 5. | Terikat Nilai kalor | Kal/g | min.5.000 |

Sumber : Badan Standarisasi Nasional,2000

1.4 Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah proses mengubah bahan baku asal menjadi karbon berwarna hitam melalui pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara yang terbatas atau semaksimal mungkin. Proses karbonisasi biasanya dilakukan dengan memasukkan bahan organik ke dalam lubang atau ruangan yang dindingnya tertutup, seperti di dalam tanah atau tangki yang terbuat dari plat baja. Setelah dimasukkan, bahan disulut api hingga terbakar. Nyala api tersebut dikontrol. Tujuannya agar bahan yang dibakar tidak menjadi abu, tetapi menjadi arang yang masih terdapat energi di dalamnya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar (Kurniawan dan Marsono, 2005).

Prinsip karbonisasi adalah pembakaran biomassa tanpa adanya kehadiran oksigen. Sehingga yang terlepas hanya bagian *volatile matter*, sedangkan karbonnya tetap tinggal di dalamnya. Temperatur karbonisasi akan sangat berpengaruh terhadap arang yang dihasilkan sehingga penentuan temperatur yang tepat akan menentukan kualitas arang (Pari dan Hartoyo, 1983).

Faktor-faktor yang mempengaruhi karbonisasi adalah suhu karbonisasi, ukuran, jenis bahan dan waktu karbonisasi. Semakin tinggi suhu karbonisasi maka jumlah karbon yang dihasilkan akan semakin kecil dan semakin kecil ukuran bahan yang dikarbonisasi maka semakin cepat peretakan keseluruhan bahan sehingga karbonisasi berjalan sempurna (Wahyusi dkk, 2012).

1.5 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa limbah padat hasil hidrolisis kulit singkong, tepung tapioka dan aquadest.

1.6 Alat yang digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Oven*, gegep, ayakan mesh no. 70 dan no.100 mesh, neraca digital, gelas kimia 50 ml dan 600 ml, spatula, *furnace*, alat pencetak briket, *hot plate*, desikator, cawan, lumpang alu, pipet ukur 10 ml.

1.7 Prosedur Penelitian

Menyiapkan bahan baku, yaitu limbah padat hasil hidrolisis kulit singkong dicuci hingga pH netral dan dikeringkan. Sebanyak 270 gram bahan baku dimasukkan ke dalam *furnance* untuk dikarbonasi pada suhu 500°C dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Selanjutnya arang dihaluskan dan diayak dengan ukuran partikel -70 + 100 mesh. Menimbang sebanyak 15 gram arang, serta menambahkan perekat tepung kanjidengan variasi massa 0,75 gram, 1,125 gram, 1,5 gram, 1,875 gram dan 2,25 gram kemudian menambahkan air dengan perbandingan massa tepung tapioka dengan air 1:10 kemudian mengaduk sampai merata campuran bahan. Mencetak briket arang dengan menggunakan alat cetak briket manual dan mengeringkan briket arang pada suhu 60°C selama 24 jam. Melakukan analisa *proximate* briket arang berupa kadar air (*moisture*), kadar abu (*ash content*), zat terbang (*volatile matter*), karbon tetap (*fixed karbon*) dan nilai kalor (*calorivic value*).

2. Pembahasan

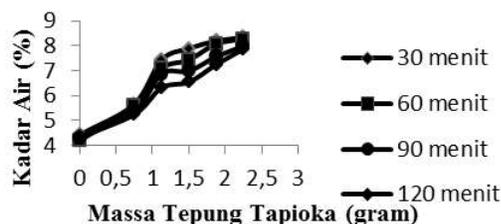
Proses pembuatan briket dari limbah padat hasil hidrolisis dengan memvariasikan waktu karbonasi dan penambahan massa tepung tapioka sebagai perekat yang bertujuan untuk menghasilkan briket yang sesuai dengan standar SNI 01-6235-2000. Bahan baku memiliki karakteristik yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik bahan baku biobriket

| No. | Parameter Analisa | Sebelum Karbonisasi |
|-----|--------------------------|---------------------|
| 1. | Kadar Air (%) | 2,15 |
| 2. | Kadar Abu (%) | 1,83 |
| 3. | Kadar Zat Terbang (%) | 84,47 |
| 4. | Kadar Karbon Terikat (%) | 12,55 |
| 5. | Nilai Kalor (kal/gr) | 4253 |

Pada tabel 1. bahan baku limbah padat hasil hidrolisis dari kulit singkong memiliki kadar air sebesar 2,15%, kadar abu sebesar 1,83%, kadar zat mudah menguap (terbang) sebesar 84,47% , karbon terikat yang dimiliki sebesar 12,55% dan nilai kalor sebesar 4253 kal/gram. Selanjutnya, bahan baku ini harus diolah lebih lanjut agar memenuhi standar sebagai bahan baku biobriket. Proses diawali dengan pencucian limbah padat hasil hidrolisis hingga pH netral dan dikeringkan. Kemudian di karbonasi dengan *furnance* kemudian di *screening* dengan ukuran 70 mesh. Arang hasil karbonasi ini selanjutnya dicampurkan dengan perekat kemudian di cetak dan di keringkan selama 24 jam dengan oven. Selanjutnya dilakukan analisa *proximate* meliputi kadar air, kadar abu kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat (*fixed carbon*) dan nilai kalor.

2.1 Kadar air (Moisture)



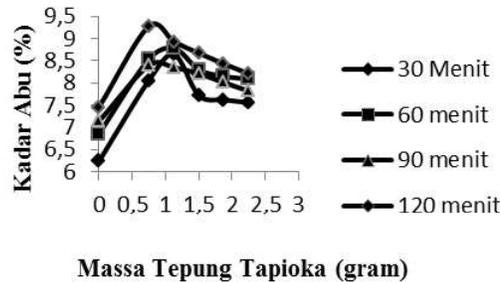
Gambar 1. Hubungan antara massa tepung tapioka terhadap kadar air pada berbagai variasi waktu karbonasi

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa waktu karbonasi sangat berpengaruh. Dimana semakin lama waktu karbonasi maka kadar air yang dimiliki akan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu karbonasi maka pori-pori dari arang akan semakin terbuka mengakibatkan menguapnya kadar air yang terkandung di dalam briket tersebut. Kadar air briket berpengaruh terhadap nilai kalor. Semakin kecil nilai kadar air maka semakin besar nilai kalor yang dihasilkan. Pada gambar 1

menunjukkan semakin banyak massa tepung kanji sebagai perekat maka kadar air yang diperoleh semakin tinggi pula. Hal ini disebabkan oleh bertambahnya air dari setiap penambahan tepung tapioka sebagai perekat yang digunakan dalam penelitian. Kadar air tertinggi diperoleh dengan waktu karbonasi 30 menit dengan penambahan massa tepung kanji 2,25 gram dengan nilai 8,33%. Berdasarkan standar mutu briket, menurut SNI 01-6235-2000 kadar air maksimal adalah 8% sehingga briket yang diperoleh dilihat dari kadar airnya ada yang memenuhi standar mutu briket namun ada yang tidak masuk pada standar mutu briket karena memiliki nilai kadar air lebih dari 8%.

2.2 Kadar Abu (Ash Content)

Berdasarkan data hasil analisa diperoleh grafik perhitungan karbon tetapsebagai berikut:

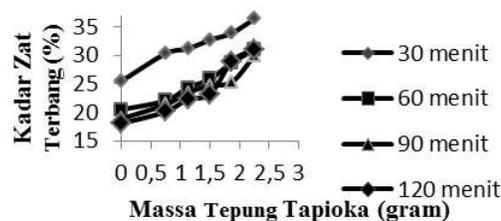


Gambar 2. Hubungan antara massa tepung tapioka terhadap kadar abu pada berbagai variasi waktu karbonasi

Pada Gambar 2 dapat dilihat dengan meningkatnya waktu karbonasi maka grafik menunjukkan kenaikan kadar abu yang dimiliki. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses karbonasi menyebabkan berkurangnya zat mudah terbang dan karbon sehingga memicu penghilangan dan teroksidasinya zat mudah terbang beserta karbon (Ikawati dan Melati, 2010). Abu akan menurunkan mutu bahan bakar padat karena dapat menurunkan nilai kalor. Kadar abu tertinggi diperoleh dengan waktu karbonasi selama 120 menit dengan nilai kadar abu sebesar 7,46%. Kadar abu merupakan bagian tersisa dari proses pembakaran yang sudah tidak memiliki nilai kalor atau unsur karbon lagi. Dalam kulit singkong juga mempunyai kandungan abu berupa magnesium, kalsium dan posfor. Kadar abu yang tinggi dapat menurunkan nilai kalor briket, sehingga kualitas briket akan akan menurun (Triono, 2006). Berdasarkan pada gambar 2. menunjukkan kadar abu terendah diperoleh pada perlakuan waktu karbonasi 30 menit dengan penambahan tepung tapioka sebagai perekat 2,25 gram yang memiliki nilai kadar abu sebesar 7,56%. Terjadi kenaikan kadar abu ketika ditambahkan perekat hal ini dikarenakan adanya penambahan kadar abu dari pati sebesar 0,14% (Faizal dkk., 2014) yang digunakan sebagai perekat disamping adanya mineral bahan yang ikut terserap dengan arang. Menurut Afriyanto (2011), menyatakan bahwa semakin banyak penambahan bahan perekat maka kadar abu akan mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan oleh semakin rendahnya arang yang ada pada campuran tersebut.

2.3 Zat Terbang (Volatile Matter)

Berdasarkan hasil analisa diperoleh grafik analisa zat terbang sebagai berikut:



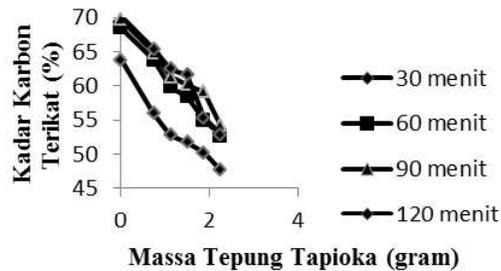
Gambar 3. Hubungan antara massa tepung tapioka terhadap kadar zat terbang pada berbagai variasi waktu karbonasi

Pada kadar zat terbang dapat dilihat pada gambar 3 dengan bertambahnya waktu menyebabkan kadar zat terbang (*volatile matter*) akan semakin menurun dimana penurunan ini terjadi karena banyaknya zat-zat organik yang tersimpan dalam suatu bahan dan dengan suhu yang tinggi yaitu 950 °C maka zat

terbang ini dapat dihilangkan atau menguap. Sehingga terdapat penurunan nilai kadar zat terbang yang dimiliki. Kadar zat terbang terendah pada waktu karbonasi 120 menit sebesar 18,01%. Berdasarkan pada gambar 3 menunjukkan bahwa kadar zat terbang meningkat seiring dengan bertambahnya massa tepung tapioka sebagai perekat yang dicampurkan. Semakin banyak jumlah perekat yang dicampurkan dengan arang, maka akan semakin tinggi zat terbangnya. Hal ini disebabkan digunakannya perekat tapioka pada penelitian ini dapat memberikan kadar zat terbang yang tinggi karena pada saat pemanasan perekat tapioka akan menguap. Menurut Pari (1990), bahwa pada waktu pemanasan perekat tapioka akan menguap sehingga kadar zat terbang akan semakin tinggi. Kadar zat terbang terendah terdapat pada proses karbonisasi selama 120 menit dengan penambahan tepung tapioka 0,75 gram yang memiliki nilai kadar zat mudah menguap sebesar 20,12%. Hasil penelitian yang dilakukan ini tidak memenuhi standar SNI yaitu maksimal 15% .

2.4 Karbon Tetap(Fixed Carbon)

Berdasarkan data hasil analisa diperoleh grafik perhitungan karbon tetap sebagai berikut:

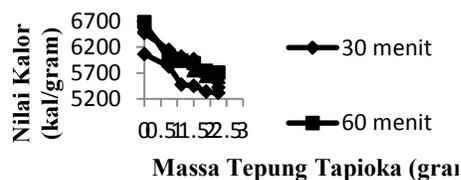


Gambar 4. Hubungan antara massa tepung tapioka terhadap kadar karbon terikat pada berbagai variasi waktu karbonasi

Pada Gambar 4 menunjukkan grafik meningkat seiring dengan bertambahnya waktu karbonasi yang menyebabkan meningkatnya kadar karbon terikat. Hal ini disebabkan karena dengan lamanya waktu karbonasi menyebabkan menurunnya kadar air dan kadar zat mudah menguap sehingga menyebabkan meningkatnya kadar karbon terikat. Kadar karbon terikat tertinggi pada waktu karbonasi selama 120 menit dengan nilai kadar karbon terikat sebesar 70,18%. Kandungan karbon terikat dipengaruhi kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang. Karbon terikat akan mempunyai nilai tinggi apabila nilai kadar air, kadar abu dan kadar zat terbang rendah. Pada gambar 4 menunjukkan bahwa kadar karbon terikat menurun seiring dengan bertambahnya massa tepung tapioka yang digunakan. Hal ini terjadi karena semakin tinggi kadar perekat yang digunakan maka kadar karbon terikat akan semakin rendah. Penyebabnya adalah massa tepung tapioka yang ditambahkan akan menyebabkan nilai kadar zat terbang meningkat sehingga akan merendahkan nilai kadar karbon terikatnya. Menurut Pari (1990), menyatakan ada kecenderungan bahwa semakin besar perekat yang digunakan maka kadar karbon terikat yang dihasilkan akan semakin menurun. Kadar karbon terikat terendah diperoleh pada waktu karbonasi 30 menit dengan penambahan massa tepung tapioka sebagai perekat 2,25 gram yang memiliki nilai sebesar 47,7%. Berdasarkan standar mutu briket, menurut SNI 01-6235-2000, kadar karbon terikat minimal adalah 77% sehingga briket yang diperoleh dilihat dari karbon terikatnya belum memenuhi standar mutu tersebut karena nilai kadar karbon terikat yang diperoleh kurang dari 77%.

2.5 Nilai Kalor (Calorific Value)

Berdasarkan data hasil analisa diperoleh grafik nilai kalor sebagai berikut:



Gambar 5. Hubungan antara massa tepung tapioka terhadap nilai kalor pada berbagai variasi waktu karbonasi

Pada Gambar 5 grafik menunjukkan semakin lama waktu karbonasi maka nilai kalor meningkat namun terjadi penurunan nilai kalor pada waktu karbonasi selama 90 menit. Naiknya nilai kalor ini disebabkan oleh semakin lama waktu karbonasi menyebabkan menurunnya kadar air dan kadar mudah terbang sehingga akan menaikkan kadar karbon terikat dalam hal ini dapat meningkatkan nilai kalornya. Nilai kalor tertinggi didapat pada waktu karbonasi selama 60 menit yaitu sebesar 6677 kal/gram. Nilai kalor menjadi parameter sangat penting bagi briket sebagai bahan bakar karena nilai kalor menunjukkan seberapa besar panas pembakaran yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kalor yang dihasilkan maka panas yang dihasilkan tinggi sehingga briket memiliki kualitas yang baik. Nilai kalor tertinggi yang dihasilkan diperoleh pada waktu karbonasi selama 120 menit dengan penambahan massa tepung tapioka sebagai perekat 0,75 gram yang memiliki nilai kalor sebesar 6141 kal/gr. Dari hasil uji nilai kalor, dapat dilihat pada grafik 5 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan tepung tapioka sebagai perekat yang digunakan maka akan menurunkan nilai kalor karena air yang ditambahkan semakin banyak sehingga briket memiliki kadar air yang tinggi dimana semakin tinggi kadar air yang dihasilkan briket maka semakin rendah nilai kalornya. Hal ini disebabkan karena panas yang tersimpan dalam briket akan terlebih dahulu digunakan untuk mengeluarkan air yang ada sebelum kemudian menghasilkan panas yang dapat dipergunakan sebagai panas pembakaran. Hasil yang diperoleh ini telah memenuhi standar SNI yaitu lebih dari 5000 kal/gr.

3 Simpulan

Dari penelitian yang di lakukan hasil terbaik biobriket yang diperoleh telah memenuhi beberapa parameter standar yang telah di tetapkan oleh SNI, yaitu kadar air, kadar abu, dan nilai kalor. Biobriket yang telah memenuhi standar tersebut yaitu pada waktu karbonisasi 30 menit dan penambahan massa tepung tapioka 1,5 gram dengan nilai kalor 5449 kal/gr, kadar air 7,89%, kadar abu 7,72%, kadar zat terbang 32,7% dan kadar karbon terikat 78,69%.

Daftar Pustaka

- [1] Dinas Pertanian Provinsi Kalimantan Timur (2014). *Produksi Tanaman Sinkong*
- [2] Sukmawati, R. F. dan Milati, S. (2009). *Pembuatan Bioetanol dari Kulit* Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.01 Mei 2016. <http://eprints.uns.ac.id/8819/>
- [3] Agustin, R.R. (2016) *Hasil Analisa Proximate*. PT. TRIBHAKTI INSPEKTAMA Samarinda
- [4] Badan Standarisasi Nasional.SNI Briket Arang.Jakarta : Standar Nasional Indonesia. 28 Oktober 2015 http://sisni.bsn.go.id/index.php/sni_main/sni/detail_sni/5781
- [5] Rukmana, R.H. (1997). *Ubi Kayu, Budidaya dan Pasca Panen*. Yogyakarta : 17 Desember 2015. https://books.google.co.id/books?id=tk9JizG5IW0C&printsec=frontcove&dq=ubi+kayu+pascapanen+dan+budidaya&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=ubi%20kayu%20pascapanen%20dan%20budidaya&f=false
- [6] Hambali, E., Mujdalifah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W., & Hendroko, K. (2007). *Teknologi Bioenergi*. Jakarta Selatan: PT. AgroMedia Pustaka.
- [7] Kurniawan, O., & Marsono. (2005). *Superkarbon: Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Jakarta:Penebar Swadaya. 08 Desember 2015. <https://books.google.co.id/books?id=wo3hAXPnYicC&pg=PA22&dq=karbonisasi&hl=en&sa=X&ved=0ahUKEwjWvrOx8zJAhWFPo4KHcNkDyMQ6AEIITAB#v=onepage&q=karbonisasi&f=false>
- [8] Pari, G. dan Hartoyo, 1983. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Dari Limbah Arang Aktif*. Puslitbang Hasil Hutan . Bogor.
- [9] Wahyuni N.K, Dewati R, Ragilia R.P dan Kharisma T. (2012). *Briket Arang Kulit Kacang Tanah Dengan Proses Karbonisasi*. Fakultas Teknologi Industri. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. 18 Maret 2016. http://eprints.upnjatim.ac.id/1651/1/File_1.pdf
- [10] Ikawati dan Melati, 2010. *Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong UKM Tapioka Kabupaten Pati*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang. <http://eprints.undip.ac.id/10603/>
- [11] Triono, A., 2006. *Karakteristik Briket Arang dari Campuran Serbuk Gergajian Kayu Afrika (Maesopsis eminii Engl.) dan Sengon (Paraserianthes facataria L. Nielsen) dengan*

- Penambahan Tempurung Kelapa (Cocos nucifera L.)* [skripsi]. Bogor. Departemen Hasil Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. 20 Juli 2016. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/45976>
- [12] Faizal, M., Andynaprawati, I., Putriayu, P.D. (2014). *Pengaruh Komposisi Arabng dan Perekat terhadap Kualitas Biobriket dari Kayu Karet*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- [13] Afriyanto, M. R., (2011). *Pengaruh Jenis dan Kadar Bahan Perekat pada Pembuatan Briket Blotong Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. [skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. 22 Juli 2016. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/52089>
- [14] Pari, G. dan Hartoyo, 1990. *Beberapa Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang Dari Limbah Arang Aktif*. Puslitbang Hasil Hutan . Bogor.