

UJI KUALITAS ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA DAN SERBUK GERGAJI KAYU METODE PIROLISIS

Riska Pratiwi Sahrum¹, A. Zulfikar Syaiful², Al-Gazali³

^{1,2,3}Prodi Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar

Email : ichap96@gmail.com

Abstract

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa serta dianalisis apakah asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu telah memenuhi parameter utama asap cair untuk Standar Nasional Indonesia (SNI).

Hasil dari pirolisis yang berupa asap cair grade 1 untuk kandungan senyawa phenol tempurung kelapa menghasilkan 14.96% sedangkan untuk phenol pada serbuk gergaji kayu adalah 9.3%. Untuk total asam tertitiasi menghasilkan asap cair tempurung kelapa 12.74% sedangkan serbuk gergaji 8.6% sedangkan untuk pH dianalisis dengan menggunakan pH meter menghasilkan asap cair tempurung kelapa 1 dan serbuk gergaji 2.

Dari kedua sampel yang digunakan pada penelitian ini, diperoleh kesimpulan sampel asap cair grade 1 dari tempurung kelapa memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan asap cair serbuk gergaji berdasarkan parameter utama Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk asap cair.

Kata kunci: pyrolysis, asap cair, fenol, dan total asam tertitiasi

1. PENDAHULUAN

Di industri perkayuan terjadi cukup banyak limbah kayu yang pemanfaatannya belum tepat. Berkaitan dengan keadaan tersebut maka pengembangan konsep daur ulang dan penerapannya dalam industri menjadi sangat penting (Sutapa, 2010). Limbah penggergajian yang dihasilkan di Indonesia sebanyak 6 juta ton per tahun, limbah ini akan menimbulkan masalah karena pada kenyataannya di lapangan masih ada yang ditumpuk, sebagian dibuang ke aliran sungai (pencemaran air), atau dibakar secara langsung.

Tempurung kelapa merupakan limbah buah kelapa yang setelah diambil isinya, masyarakat umumnya menggunakan tempurung kelapa hanya sebagai media pembakaran ataupun dibuat kerajinan. Mengingat ketersediaan kelapa ataupun tempurung kelapa di Indonesia yang sangat melimpah maka harus difikirkan alternatif lain untuk memaksimalkan fungsi dari limbah kelapa tersebut sehingga diharapkan limbah

tempurung ini tidak lagi meningkatkan jumlah sampah.

Salah satu teknologi aplikatif yang dikembangkan untuk pemanfaatan limbah serbuk kayu gergaji dan tempurung kelapa adalah dengan mengolahnya menjadi asap cair (*liquid smoke*). Asap cair mempunyai nilai komersil karena dapat diolah menjadi produk – produk dengan nilai jual yang lebih baik.

Asap cair (*liquid smoke*) merupakan hasil samping dari proses karbonisasi (pengarangan) atau pembakaran bahan berlignoselulosa dengan udara terbatas (pirolisis) yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerisasi, dan kondensasi/pengembunan asap menjadi bentuk cairan (Darmadji & Yatagai, 2002). Asap cair bermanfaat sebagai bahan pengawet pangan seperti ikan segar, daging, mie basah, bakso, dan tahu, serta penghilang bau busuk pada pengolahan karet (Darmadji & Gumanti, 2006).

Senyawa kimia yang berperan dalam pengawetan bahan pangan adalah asam organik, fenol, karbonil yang merupakan hasil

pirolisis dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Senyawa tersebut berbeda proporsinya tergantung pada jenis, kadar air, dan suhu pirolisis yang digunakan serta ukuran partikel bahan (*GuillendanIbargoita,1999*).

Proses pirolisis merupakan dekomposisi termal biomassa tanpa adanya oksigen. Proses pirolisis mampu merubah limbah perkebunan menjadi bahan yang memiliki nilai jual, dengan konversi yang cukup baik. Hasil dari proses pirolisis ini berupa bio-arang, tar dan asap cair grade 3. Asap cair terdiri atas grade 3, grade 2, dan grade 1, penggolongan asap cair ini berdasarkan jumlah senyawa berbahaya di dalam asap cair, sehingga mempengaruhi fungsi dari asap cair tersebut. Asap cair grade 3 merupakan asap cair hasil pirolisis yang belum mengalami proses pemurnian. Asap cair grade 3 tidak digunakan sebagai pengawet bahan pangan, tetapi digunakan pada pengolahan karet, penghilang bau, dan pengawet kayu agar tahan terhadap rayap. Asap cair grade 2 untuk pengawet makanan sebagai pengganti formalin dengan taste asap (daging asap atau ikan asap). Sedangkan asap cair grade 1 digunakan sebagai pengawet makanan seperti bakso, mie, tahu, dan bumbu-bumbu barbeque. Senyawa yang bertanggung jawab terhadap proses pengawetan adalah senyawa fenol. Adanya fenol dengan titik didih tinggi dalam asap merupakan zat antibakteri yang tinggi sehingga dapat mencegah proses perusakan oleh bakteri.

Proses pembuatan asap cair melalui proses pirolisis dan kondensasi. Pirolisis adalah proses pemanasan suatu zat dengan oksigen terbatas sehingga terjadi penguraian komponen-komponen penyusun kayu (*Yaman, 2004*). Pada proses pirolisis energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga molekul karbon yang kompleks terurai sebagian besar menjadi karbon atau arang. Istilah lain dari pirolisis adalah destructive distillation atau destilasi kering, dimana merupakan suatu proses yang tidak teratur dari bahan-bahan organik disebabkan oleh pemanasan yang tidak berhubungan dengan udara luar. Distilasi adalah suatu cara pemisahan larutan dengan menggunakan panas sebagai pemisah atau “separating agent” (*Yaman, 2004*)

Pada penelitian ini penulis akan meneliti tentang “Uji Kualitas Asap Cair dari Serbuk Gergaji dan Tempurung Kelapa Metode Pirolisis” Hasil penelitian dapat dijadikan dasar untuk menghasilkan Asap cair yang memiliki kualitas baik dan sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI).

2. RUMUSAN MASALAH DAN TUJUAN SERATA MANFAAT PENELITIAN

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa ?
2. Apakah kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa telah sesuai dengan parameter utama asap cair untuk Standar Nasional Indonesia (SNI) ?

1.1. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa
2. Mengetahui apakah kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa telah sesuai dengan parameter utama asap cair untuk Standar Nasional Indonesia (SNI) ?

1.2. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian diharapkan :

1. Memberikan informasi mengenai kualitas asap cair yang dihasilkan dari serbuk gergaji dan tempurung kelapa.
2. Memberikan informasi mengenai kualitas asap cair yang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).
3. Dapat digunakan sebagai pengganti formalin untuk mengawetkan makanan.
4. Dapat digunakan sebagai referensi

1.3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Pembuatan Asap Cair Dari Tempurung Kelapa Dan Serbuk Gergaji Kayu

Proses pembuatan asap cair ini dilakukan dengan melalui dua tahapan yakni proses pembakaran (pirolisis) dan proses destilasi.

3.1.1 proses pembakaran (pirolisis)

Penelitian ini dimulai dengan proses pengeringan bahan yang akan digunakan berupa tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu hingga benar benar kering agar pada saat proses pembakaran tidak membutuhkan waktu yang lama. Sampel tempurung yang telah dibersihkan dari sabuknya lalu dipotong kecil-kecil yang bertujuan untuk memperkecil luas permukaan dari sampel agar lebih mudah dalam proses penimbangan, memasukkan ke dalam alat dan proses pembakaran.

3.1.2 proses destilasi

Setelah proses pembuatan asap cair dilanjutkan dengan proses pemurnian asap cair, prosesnya dimasukkan ke dalam labu destilasi dan memanaskannya. Hasil destilasi tersebut ditampung pada alat penampung, hasil ini dinamakan hasil destilasi 1.

3.2 Rendemen

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh nilai hasil Rata – rata Rendemen yang dihasilkan tiap perlakuan waktu pirolisis, destilasi I, dan destilasi II. Adapun Rata – rata Rendemen tiap perlakuan waktu pirolisa dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 3.1 : Rata-rata Rendemen Asap Cair

Bahan	Perlakuan (%)		
	Pirolisis	Destilasi I	Destilasi II
Tempurung Kelapa	26.33	85	58
Serbuk Gergaji	28.12	70	50

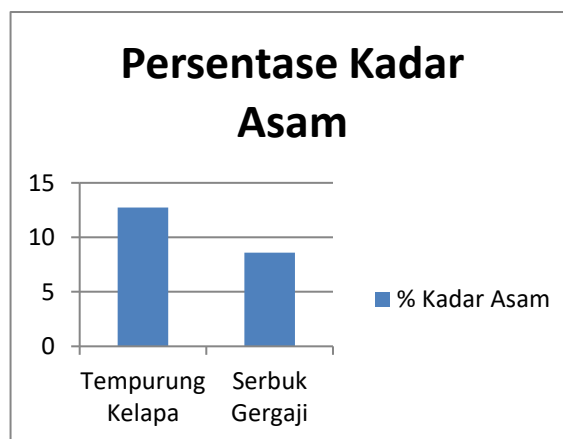
Rendemen merupakan perbandingan antara asap cair yang dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan sebelum pembakaran. Rendemen ditentukan dengan cara menghitung berat bahan yang digunakan terhadap berat asap cair yang dihasilkan dari setiap perlakuan dan kemudian dihitung rata-rata.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa perbedaan rendemen asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu dikarenakan kandungan lignin dari tempurung kelapa lebih besar dibandingkan dengan serbuk gergaji kayu. Menurut Ismael (2007) kandungan kayu yang lebih keras menghasilkan asap yang lebih tinggi dibandingkan kayu lunak sehingga

volume asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis lebih banyak dibandingkan dengan kayu lunak. Selain itu kandungan dari asap cair untuk setiap bahan berbeda.

3.3 Total asam tertitrasi

Senyawa-senyawa asam pada asap cair memiliki sifat antimikroba. Sifat antimikroba tersebut akan semakin meningkat apabila asam organik ada bersama-sama dengan senyawa fenol. Senyawa asam terbentuk dari pirolisis komponen-komponen kayu seperti hemiselulosa dan selulosa pada suhu tertentu. Penentuan kadar asam ini dengan menggunakan metode total asam tertitrasi yang dihitung sebagai jumlah asam asetat dalam asap cair. Kandungan asam asetat pada asap cair tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Grafik 4.1 Persentase kadar asam asap cair

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kandungan total asam tertitrasi yang terdapat dari asap cair tempurung kelapa lebih besar dibanding total asam tertitrasi yang terdapat pada asap cair serbuk gergaji kayu. Perbedaan kandungan asam dari kedua bahan baku dipengaruhi oleh jenis kayu, kadar air kayu, dan suhu pirolisis yang digunakan.

Hal ini sesuai dengan pernyataan Girard (1992) bahwa kandungan kimia asap cair dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain suhu pirolisis, jenis kayu, dan kadar air kayu. Begitu pun dengan pernyataan Yulistiani dkk., (1997) yang mengatakan bahwa hasil pirolisis dari senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin akan menghasilkan asam organik, fenol, dan karbonil yang berbeda-beda dalam proporsi diantaranya

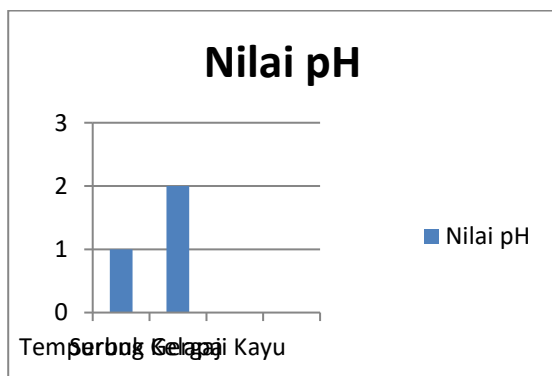
tergantung pada jenis kayu, kadar air kayu dan suhu pirolisis yang digunakan.

Kadar asam yang diperoleh pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Luditama (2006) yaitu berkisar antara berkisar antara 9,58 sampai 59,93 %. Menurut Luditama (2006), keasaman dari asap cair dipengaruhi oleh kadar fenol pada asap cair tersebut. Semakin tinggi kadar fenol, maka asap cair akan menjadi semakin asam. Selain itu menurut Luditama (2006), kadar asam dari asap cair dipengaruhi oleh suhu fraksi destilasi dan suhu pirolisis sebelum destilasi. Semakin tinggi suhu fraksi destilasi, maka kadar asamnya semakin besar. Semakin rendah suhu pirolisis maka kadar asamnya semakin besar. Perbedaan jumlah kadar asam ini dikarenakan asam organik yang dihasilkan dari dekomposisi komponen hemiselulosa dan selulosa mengalami proses pirolisis pada suhu pembakaran dibawah 300 °C. Asap cair pada suhu pembakaran 500 °C memiliki kadar asam yang lebih rendah karena menurut Maga (1988) pada suhu pembakaran diatas 300 °C senyawa-senyawa fenol, guaikol, dan siringol telah terdekomposisi dari lignin sehingga mempengaruhi kadar asam asap cair.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas asap cair yang dihasilkan pada tempurung kelapa lebih baik dibandingkan kualitas asap cair dari serbuk gergaji kayu berdasarkan kandungan total asam tertitrasi yang dihasilkan.

3.4 Nilai pH Asap Cair

Alat yang digunakan untuk mengukur pH menggunakan pH meter. Hasil pengukuran keasaman (pH) asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



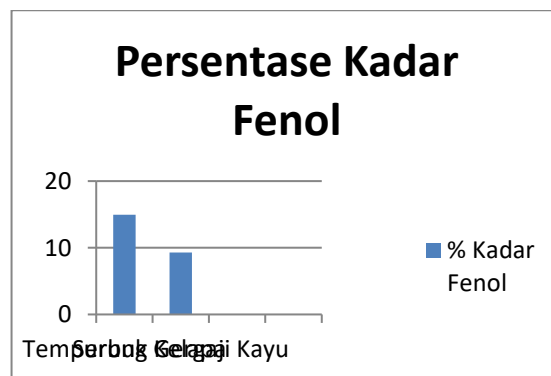
Grafik 3.2 Nilai pH asap cair

Dari grafik diatas dapat digambarkan bahwa nilai pH pada asap cair tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu juga berkaitan dengan tinggi rendahnya total asam tertitrasi. Tingginya total asam tertitrasi maka pH asap cair menjadi rendah begitu juga sebaliknya semakin rendah total asam tertitrasi maka asap cair menjadi tinggi. Hal ini dibuktikan dengan tingginya kandungan total asam tertitrasi pada asap cair tempurung kelapa namun memiliki pH yang rendah jika dibandingkan dengan asap cair serbuk gergaji kayu, begitupun sebaliknya dengan asap cair serbuk gergaji kayu.

Hal ini dikarenakan tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu memiliki komponen seperti hemiselulosa dan selulosa yang apabila terdekomposisi akan menghasilkan senyawa-senyawa asam organik seperti asam asetat. Asam asetat merupakan pelarut yang mudah terlarut dengan air. Asap cair yang dihasilkan dengan bahan baku yang memiliki kadar air tinggi saat terpirolisis pada suhu 100°C akan mengalami kondensasi ketika uap air melalui kondensor sehingga air akan ikut tercampur dengan asap cair. akibatnya nilai pH menjadi naik dan kadar total asam tertitrasi menjadi turun sehingga kualitas asap cair menjadi rendah. Menurut Sumasroh (2010) bahwa komposisi asap cair juga bergantung pada bahan baku yang meliputi, kadar air, suhu pembakaran dan tahapan proses pirolisis.

3.5 Kadar Fenol Asap Cair

Setelah dilakukan analisa dengan GC-MS Kadar fenol asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa menunjukkan kadar tertinggi (14.96%) dibandingkan dengan serbuk gergaji kayu (9.3%). Perbandingan kadar fenol kedua bahan baku tersebut dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Grafik 3.3 : Persentase Kadar Fenol

Dari grafik diatas dapat digambarkan bahwa kandungan fenol yang terdapat pada asap cair tempurung kelapa lebih besar dibandingkan kandungan fenol pada serbuk gergaji kayu.

Kadar fenol yang terkandung dalam asap cair merupakan hasil dekomposisi komponen lignin pada pirolisis sabut kelapa muda. Girrard. (1992) menyatakan fenol yang dihasilkan dari dekomposisi lignin terjadi pada suhu 300 °C dan berakhir pada suhu 450 °C (Girrard, 1992). Seiring dengan itu kandungan air pada bahan baku akan ikut menguap pada suhu 100°C dan mengalami kondensasi uap air melalui kondensor. Hal ini sesuai dengan pernyataan Anon (2005) bahwa Kadar air yang terlalu tinggi akan mengurangi kualitas asap cair yang diproduksi karena tercampurnya hasil kondensasi uap air dan menurunkan kadar fenol.

Kadar fenol ini bila dikaitkan dengan pH dan total asam tertitrisasi dalam asap cair pada masing-masing perlakuan diperoleh hubungan yaitu semakin tinggi kadar fenol dalam asap cair maka nilai pH yang dihasilkan semakin rendah, berarti total asam tertitrisasi asap cair akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya bila kadar fenol rendah, pH menjadi tinggi dan total asam tertitrisasi menjadi rendah. Hubungan ini terbukti pada penelitian ini dimana aspa cair dari tempurung kelapa memiliki kadar fenol dan asam tertitrisasi tinggi namun menghasilkan pH rendah, begitupun dengan asap cair serbuk gergaji kayu yang memiliki pH tinggi namun kandungan fenol dan asam tertitrisasi yang rendah. Hal ini dikarenakan tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu memiliki komponen seperti hemiselulosa dan selulosa yang apabila terdekomposisi akan menghasilkan senyawa-senyawa asam organik seperti asam asetat. Asam asetat merupakan pelarut yang mudah terlarut dengan air. Asap cair yang dihasilkan dengan bahan baku yang memiliki kadar air tinggi saat terpirolisis pada suhu 100°C akan mengalami kondensasi ketika uap air melalui kondensor sehingga air akan ikut tercampur dengan asap cair. akibatnya nilai pH menjadi naik dan kadar total asam tertitrisasi menjadi turun sehingga kualitas asap cair menjadi rendah.

Tempurung kelapa yang memiliki kadar fenol tinggi akan menunjukkan kualitas asap cair yang baik sebagai antioksidan yang menghambat pertumbuhan bakteri karena oksidasi lemak. Sehingga dari penelitian ini, kualitas asap cair dari tempurung kelapa lebih bagus jika dibandingkan dengan asap cair dari serbuk gergaji kayu dalam hal perbandingan kadar fenol.

Pada penelitian ini penulis akan membandingkan apakah kualitas asap cair yang dihasilkan telah sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) asap cair, perbandingan dari kualitas asap cair yang dihasilkan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) asap cair dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Kadar	SNI Asap Cair	Asap cair yang dihasilkan	
		Tempurung Kelapa	Gergaji Kayu
Rendemen (%)	-	26.33 <i>grade 3</i> 85 <i>grade 2</i> 58 <i>grade 1</i>	28.12 <i>grade 3</i> 70 <i>grade 2</i> 50 <i>grade 1</i>
pH	1.5 – 3.0	1	2
Total asam tertitrisasi (%)	4.5 – 15.0	12.74 %	8.6 %
Fenol (%)	4.6 – 15.0	14.96 %	9.3%

Tabel 4.2 : Perbandingan kualitas asap cair SNI dan asap cair yang dihasilkan

3.6 Uji Fisik Asap Cair

Uji fisik asap cair meliputi warna dan bau yang dihasilkan dari asap cair tempurung kelapa dan serbuk gergaji kayu, perbedaan dari kedua bahan baku dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Parameter	Asap Cair	
	Tempurung Kelapa	Serbuk Gergaji Kayu
Warna	Merah kecoklatan	Kuning
Bau	Asap menyengat	Asap menyengat

1.4 KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Total asal tertitiasi asap cair yang dihasilkan dari tempurung kelapa adalah 12.74% sedangkan dari asap cair serbuk gergaji kayu adalah 8.6%.
2. Kualitas fenol dari asap cair tempurung kelapa adalah 14.96% sedangkan asap cair serbuk gergaji kayu adalah 9.3%.
3. Nilai pH yang dihasilkan dari asap cair tempurung kelapa adalah 1 dan serbuk gergaji kayu adalah 2.
4. Rendemen yang dihasilkan asap cair tempurung kelapa lebih besar yakni 57.5% disbanding asap cair serbuk gergaji yakni 50.4%
5. Asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini telah sesuai dengan parameter utama asap cair untuk Standar Nasional Indonesia (SNI).

4.2 Saran

Sehubungan dengan penelitian ini maka disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk :

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai proses pirolisis dengan temperatur dan lama pirolisis yang lebih tinggi lagi.
2. Perlu dianalisis mengenai komponen kimia lainnya pada asap cair.
3. Lebih memperhatikan kualitas bahan baku yang akan dipirolisis serta kualitas alat yang akan dipakai khususnya pada kondensor.

5.1 REFERENSI

- Awhu Akbar, Rio Paindoman, Pamilia Coniwanti (2013). "Pengaruh Variabel Waktu dan Temperatur terhadap Pembuatan Asap Cair dari limbah kayu pelawan (cyanometra cauliflora)". Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- Basuki, N., Suhardi, S., Sangadji, S. S., & Mahmud, H. (2021). Pengolahan Kelapa Terpadu, Upaya Peningkatan Nilai Guna Produk di Desa Mataketen Kecamatan Makian Barat. Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia, 1(2), 333-338.
- Darmadji, P. (1996). "Aktifitas antibakteri asap cair yang diproduksi dari limbah pertanian." 16(4): 1922. Yogyakarta.
- Eka Mentari (2017). "Pembuatan dan pengujian asap cair dari tempurung kelapa dan tongkol jagung sebagai bahan pengawet ikan". [Skripsi]. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar
- Erliza, dkk., "Pembuatan asap cair dari sampah organik sebagai bahan pengawet makanan"
- Fatimah, F., dkk. 2009. "Penurunan kandungan benzo(A)pirena asap cair hasil pembakaran. Universitas Samratulangi Manado" Jurnal Chem Prog Vol 2(1).
- Kadir, S., P. Darmadji, C. Hidayat dan Supriyadi. (2010). "Fraksinasi dan identifikasi senyawa volatil pada asap cair tempurung kelapa hibrida". 30 (2) : 57-66. Yogyakarta.
- Karolus Boromeus Reta (2013). "Pembuatan asap cair dari tempurung kelapa, tongkol jagung, dan bambu menggunakan proses slow pirolisis". Malang.
- Olga Dasilva Martins, S.P Abrina Anggraini, Susy Yuniningsih. "Pemanfaatan Tongkol Jagung menjadi asap cair menggunakan proses pirolisis". Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tunggal Dewi Malang
- Pranata, J. 2007. "Pemanfaatan sabut dan tempurung kelapa serta cangkang sawit untuk pembuatan asap cair sebagai pengawet makanan alami." [Skripsi]. Teknik Kimia Universitas Malikussaleh. Lhoksumawe.
- Riko P., R. Efendi, F. Restuhadi (2015). "Karakteristik asap cair dari proses pirolisis limbah sabut kelapa muda". Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru

Santiyo Wibowo (2012). “*Karakteristi Asap Cair Tempurung Nyamplung*”

Yatagai, M. (2002).”Utilization of Charcoal and Wood Vinegar in Japan Graduate School of Agricultural and Life Sciences” The University of Tokyo.

Syaiful, A. Z., & Tang, M. (2020).
PEMBUATAN BRIKET ARANG
DARI TEMPURUNG KELAPA

DENGAN METODE PIROLISIS.
Jurnal Saintis, 1(2), 43-48.

https://publikasiilmiah.unwahas.ac.id/index.php/PROSIDING_SNST_FT/article/view/1106, “Analisa pengaruh temperature pirolisis dan bahan biomassa terhadap kapasitas hasil pada alat pembuatan asap cair”, diakses tanggal 25 desember 2017