

IDENTIFIKASI MUTU ASAP CAIR HASIL PIROLISIS LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

*(Quality Identification of Liquid Smoke Result of Pyrolysis
Empty Fruit Bunches Waste)*

Eva Ramalia Sari

Program Studi Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Dehasen Bengkulu
Jl. Meranti Raya No. 32 Sawah Lebar Kota Bengkulu
Email : evaramaliasari73@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu penerapan produksi bersih dalam industri kelapa sawit adalah mengolah limbah padat pabrik kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS) menjadi asap cair. Penelitian ini mencoba untuk melakukan pirolisis TKKS, yang dilanjutkan dengan proses redestilasi menghasilkan asap cair. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kualitas asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis TKKS dan redestilasi. TKKS dipirolisis pada suhu 400°C selama 3 jam. Asap cair hasil pirolisis diredestilasi sebanyak dua kali pada suhu 145°C. Data kualitas asap cair dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis TKKS memiliki pH 3,20, kadar fenol 6,85%, kadar asam asetat 16,45%, dan kadar tar 2,96% (tergolong asap cair grade 2) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet pangan.

Kata kunci : kelapa sawit, TKKS, asap cair, pirolisis, redestilasi

ABSTRACT

One application of clean production in the oil palm industry is the processing of solid waste such as empty fruit bunches (EFB) into liquid smoke. This research tried to do pyrolysis of EFB followed by redestilation process produce liquid smoke. The purpose of this research is to identify the quality of liquid smoke produced by pyrolysis process of EFB and redestilation. EFB are pyrolysis process at 400°C for 3 hours. Liquid smoke pyrolysis results are redistilled twice at 145°C. Liquid smoke quality data was quantitative descriptive analyzed. The results showed that the liquid smoke produced by pyrolysis process of empty fruit bunches has pH 3.20, phenol content of 6.85%, acetic acid level of 16.45%, and tar level of 2.96% (classified as grade 2) which can be used as a food preservative.

Keywords: Oil palm, EFB, liquid smoke, pyrolysis, redestilation

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan komoditas perkebunan unggulan di Indonesia. Industri kelapa sawit berkembang pesat 20 tahun terakhir, dimana luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 14,03 juta hektar (Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, 2018). Sejak tahun 2006, Indonesia menjadi produsen CPO terbesar di dunia, dimana pada tahun 2016 pangsa Indonesia mencapai 54% dari produksi CPO dunia. Pada tahun 2017, produksi minyak sawit Indonesia mencapai 41,98 ton sehingga menghasilkan devisa mencapai USD 23 milyar atau sekitar 310 trilyun rupiah (GAPKI, 2018).

Seiring dengan perkembangan industri pengolahan kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit (TKKS) adalah limbah padat yang paling banyak dihasilkan dari pengolahan tersebut. Menurut Goenadi, dkk. (2008), rerata produksi TKKS jumlahnya $\pm 23\%$ dari tandan buah segar yang diolah. Jumlah tersebut lebih tinggi dibandingkan limbah padat pabrik kelapa sawit (PKS) lainnya, yaitu *wet decanter solid*, cangkang, dan serabut yang masing-masing jumlahnya, $\pm 4\%$, $\pm 6,5\%$, dan $\pm 13\%$ dari tandan buah segar yang diolah (Tim PT. SP, 2000).

Selama ini, penanganan TKKS oleh mayoritas pabrik kelapa sawit (PKS) adalah dengan cara dibakar dalam *incinerator*, dengan menimbun (*open dumping*), dijadikan mulsa, atau diolah menjadi kompos. Pembakaran TKKS dalam *incinerator* dan penimbunan (*open dumping*) tidak sesuai dengan prinsip produksi bersih karena menimbulkan pencemaran lingkungan dan hanya menghasilkan nilai tambah yang terendah di dalam rangkaian proses pemanfaatan TKKS (Isroi, 2008). TKKS sebagai mulsa menimbulkan efek samping berupa kemungkinan areal tanam menjadi sarang

serangga dan menyulitkan saat pemanenan tandan buah segar (TBS). Pengolahan TKKS menjadi kompos mengalami kendala berupa lamanya waktu pengomposan (6 bulan - 1 tahun) sehingga memerlukan areal yang luas, fasilitas yang harus disediakan, dan biaya pengolahan TKKS tersebut (Mamduqi, 2008). Oleh karena itu, perlu dicari sistem pengolahan TKKS yang lebih efisien dengan waktu retensi yang rendah dan efisiensi yang tinggi.

Potensi nilai tambah dari TKKS dapat ditingkatkan dengan menerapkan prinsip produksi bersih. Strategi produksi bersih mempunyai arti yang sangat luas karena di dalamnya termasuk upaya pencegahan pencemaran melalui pilihan jenis proses yang ramah lingkungan, minimisasi limbah, analisis daur hidup, dan teknologi bersih. Untuk mengaplikasikan konsep produksi bersih, strategi pencegahan pencemaran perlu diprioritaskan dalam upaya mewujudkan industri berwawasan lingkungan (Indrasti dan Fauzi, 2009).

Salah satu alternatif penanganan TKKS yang sejalan dengan konsep produksi bersih adalah dengan pembakaran pirolisis yang akan menghasilkan asap cair. Asap cair dapat digunakan sebagai pengawet pangan dan non-pangan karena mengandung senyawa fenol sebagai antioksidan dan asam asetat sebagai antimikroba (Abidanish, 2009). Dengan penerapan teknologi, pemanfaatan TKKS menjadi asap cair merupakan suatu pilihan yang sangat realistis dan prospektif.

Asap cair merupakan bahan pengawet alami yang dapat digunakan sebagai pengganti bahan pengawet kimia, seperti formalin dan boraks pada proses pengolahan produk pangan. Asap cair yang dapat digunakan sebagai pengawet pangan minimal *grade 2*, dengan kandungan tar 16,6%, kandungan fenol 9,55%, dan karbonil 1,67% (Himawati, 2010). Untuk mendapatkan asap cair

grade 2, asap cair hasil pirolisis TKKS akan diolah lebih lanjut (redestilasi) untuk menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diinginkan karena bersifat karsinogenik, yaitu tar dan *benzopyrene* (Anonim, 2010).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas asap cair (pH, kadar fenol, kadar asam asetat, dan kadar tar) yang dihasilkan melalui proses pirolisis TKKS dan redestilasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah dalam pengelolaan limbah TKKS untuk menghasilkan asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis. Selain itu, dapat membuka peluang usaha baru yang berbasis produksi bersih

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah TKKS yang berasal dari limbah PT. Bio Nusantara Teknologi (BNT) Bengkulu, NaOH 0,2 N, Kromat Bromida 0,2 N, HCL, Na₂S₂O₃ (Sodium Thiosulfat) 0,1 N, KI 10%, dan Chloroform. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pencacah manual (parang), timbangan, ember, pirolisator, destilator, timbangan digital, evaporator, erlenmeyer, pH meter, batang pengaduk, labu ukur, dan masker.

Tahap Penyiapan Bahan Baku

TKKS disortasi dimana TKKS yang dibutuhkan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan keseragaman ukuran, kemudian dibersihkan dari sisa-sisa brondolan atau kotoran yang menempel. TKKS yang digunakan adalah TKKS yang masih di pabrik dan belum lama menumpuk. Karena jika digunakan TKKS yang telah lama atau yang telah diletakkan di lahan kondisinya lebih rapuh dan sebagian telah terjadi dekomposisi oleh bakteri-bakteri

pengurai. TKKS dipotong kecil-kecil untuk mempermudah dan mempercepat proses pirolisis.

Pirolisis Limbah TKKS

TKKS yang telah diperkecil ukurannya sebanyak 5 kg dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, yaitu pembakaran tertutup pada suhu 400°C selama 3 jam. Asap cair yang dihasilkan ditampung yang selanjutnya dilakukan redestilasi. Menurut Czernik (2002), pada proses pirolisis TKKS akan menghasilkan ±30% asap cair.

Tahap Pembuatan dan Pengukuran Kualitas Asap Cair Hasil Pirolisis Limbah TKKS

Redestilasi merupakan proses pemurnian asap cair berdasarkan perbedaan titik didih dari asap cair. Asap cair hasil pirolisis TKKS diamati kualitasnya (pH, kadar fenol, dan kadar asam asetat). Asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis masih bercampur dengan tar dan untuk pemisahannya dilakukan redestilasi sebanyak dua kali pada suhu 145°C. Asap cair redestilasi yang dihasilkan diamati kualitasnya (pH, kadar fenol, kadar asam asetat, dan kadar tar).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pirolisis TKKS sebanyak 5 kg dengan kadar air rata-rata 44,14% dengan suhu pembakaran 400°C selama 3 jam. Menurut Girard (1992) dalam Darmadji (2002), pirolisis pada suhu 400°C menghasilkan senyawa yang mempunyai kualitas organoleptik yang tinggi dan pada suhu lebih tinggi lagi akan terjadi reaksi kondensasi pembentukan senyawa baru dan oksidasi produk kondensasi diikuti kenaikan linier senyawa tar dan hidrokarbon polisiklis aromatik (HPA).

Selain itu, menurut Sikorski (2005) dalam Budijanto, dkk. (2008), penggunaan suhu pirolisis antara 300 °C - 400°C dapat menurunkan kandungan HPA dalam asap cair hingga 10 x lipat. Semakin rendah kandungan HPA dalam asap cair, maka kualitas asap cair akan semakin tinggi.

Pirolisis TKKS sebanyak 5 kg menghasilkan 1,75 kg (35%) asap cair. Rendemen asap cair yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan yang dikemukakan oleh Czernik (2002), dimana proses pirolisis TKKS akan menghasilkan ± 30% asap cair dan ± 35% arang. Hal ini dikarenakan pada penelitian ini TKKS yang dipirolisis memiliki kadar air rata-rata 44,14%.

Kualitas asap cair hasil pirolisis limbah TKKS

Asap cair yang dihasilkan pada proses pirolisis TKKS merupakan asap cair *grade 3* karena masih mengandung tar dan senyawa Hidrokarbon Polisiklis Aromatis (HPA), seperti benzo(a)pirena yang bersifat karsinogenik sehingga tidak aman diaplikasikan untuk pengasapan dan pengawet makanan (Darmadji, 2002). Oleh karena itu, penggunaan asap cair untuk produk pangan memerlukan proses pemurnian untuk menghilangkan

atau meminimalisir komponen yang tidak dikehendaki dan bersifat karsinogenik.

Pemurnian asap cair untuk meningkatkan mutu dari *grade 3* menjadi *grade 2* yang aman diaplikasikan untuk makanan dapat dilakukan dengan metode destilasi yang mampu memisahkan senyawa yang tidak dikehendaki seperti benzo(a)pirena dan tar (Gorbatov, 1971 dalam Darmadji dan Triyudiana, 2006). Pada penelitian ini 1,75 kg asap cair hasil pirolisis TKKS didestilasi sebanyak dua kali pada suhu 145°C. Asap cair hasil redestilasi memiliki warna kuning jernih dengan aroma yang masih tidak begitu tajam jika dibandingkan dengan asap cair sebelum redestilasi. Asap cair redestilasi yang dihasilkan sebanyak 1,69 kg (96,57% dari asap cair TKKS yang didestilasi). Adapun kualitas asap cair sebelum dan sesudah redestilasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mengetahui layak atau tidaknya asap cair TKKS hasil redestilasi diaplikasikan sebagai bahan pengawet pangan, maka kualitas asap cair TKKS hasil redestilasi dibandingkan dengan asap cair tempurung kelapa yang merupakan asap cair yang sering digunakan sebagai bahan pengawet pangan/produk asapan (Himawati, 2010).

Tabel 1. Kualitas asap cair TKKS dan asap cair tempurung kelapa

| Parameter | Asap cair TKKS | | Asap cair tempurung kelapa** |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|
| | Sebelum redestilasi* | Sesudah redestilasi* | |
| pH | 3,20 | 3,20 | 3,14 |
| Kadar fenol (%) | 12,53 | 6,85 | 4,13 |
| Kadar asam asetat (%) | 22,29 | 16,45 | 10,20 |
| Kadar tar (%) | - | 2,96 | 5,00 |

Keterangan : * Hasil merupakan rerata tiga kali ulangan
 **Tranggono, dkk. (1996)

pH

Salah satu parameter kualitas asap cair adalah derajat keasaman (pH). Menurut Wijaya, dkk. (2008), nilai pH menunjukkan tingkat proses penguraian komponen kimia kayu yang terjadi menghasilkan asam organik pada asap cair. Nilai pH asap cair sebelum dan sesudah redestilasi hasil pirolisis TKKS berdasarkan pengukuran dengan menggunakan pH meter adalah 3,20. Nilai pH yang rendah berarti asap cair yang dihasilkan berkualitas tinggi terutama dalam hal penggunaannya sebagai bahan pengawet makanan. Nilai pH yang rendah secara keseluruhan berpengaruh terhadap nilai awet dan daya simpan produk asapan ataupun sifat organoleptiknya karena kandungan asam organiknya tinggi (Wijaya, dkk., 2008). Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Pszczola (1995) bahwa asap cair dapat digunakan sebagai bahan pengawet apabila mengandung senyawa asam yang berperan sebagai antibakteri.

Nilai pH asap cair redestilasi hasil pirolisis TKKS ini hampir sama dengan nilai pH dari asap cair tempurung kelapa yaitu 3,14 (Tranggono, dkk., 1996). Oleh karena itu, asap cair redestilasi hasil pirolisis TKKS berkualitas baik dan dapat dimanfaatkan sebagai pengawet makanan.

Kadar fenol

Senyawa fenol merupakan komponen yang paling besar yang terdapat dalam asap cair. Senyawa fenol mempunyai aktivitas antioksidan yang cukup besar dan merupakan senyawa utama dalam asapan. Menurut Tranggono, dkk. (1996) berdasarkan analisis dengan GC-MS diketahui ada 7 (tujuh) senyawa utama golongan fenolat dalam asap cair, yaitu fenol (44,13%),

3-metil-1,2-siklopentadion (3,55%), 2-metoksifenol (11,5%), 2-metoksi-4-metilfenol (4,10%), 2,6-dimetoksifenol (2,21%), 4 etil-2- metoksifenol (11,06%) dan 2,5-dimetoksi-benzilalkohol (3,02%). Senyawa fenol dalam asap cair berfungsi sebagai antioksidan dan pemberi aroma asap pada produk asapan (Hadiwiyoto, 1993; Wijaya, dkk., 2008).

Kadar fenol asap cair hasil pirolisis TKKS sebelum dan sesudah redestilasi masing-masing sebesar 12,53% dan 6,85%, lebih besar dari kadar fenol hasil pirolisis tempurung kelapa, yaitu 4,13% (Tranggono, dkk., 1996; Darmadji, 1996) dan lebih besar dari kadar fenol yang terkandung dalam asap cair tempurung kelapa dengan kondisi optimasi redestilasi, yaitu sebesar 2,24% (Darmadji, 2002).

Kadar fenol pada asap cair dipengaruhi oleh bahan baku dan suhu pirolisis (Girard, 1992 *dalam* Halim, dkk., 2006). Fenol merupakan hasil pemecahan komponen kayu yang berupa lignin, sehingga semakin banyak kandungan lignin pada kayu maka semakin besar pula kandungan fenol yang dihasilkan dalam asap cair. Disamping itu juga dipengaruhi oleh suhu pirolisis kayu, dimana menurut Maga (1987) *dalam* Halim, dkk. (2006) pirolisis lignin terjadi pada suhu 310°C - 500°C, bila suhu tersebut tidak tercapai maka degradasi lignin pada proses pirolisis belum terjadi sehingga berpengaruh pada kadar fenol yang dihasilkan. Walaupun kandungan lignin TKKS sebesar 22,60% (Eka, 2000), lebih kecil dari kandungan lignin tempurung kelapa sebesar 29,4% (Tahir, 1992), tetapi kadar fenolnya lebih besar. Hal ini dikarenakan TKKS yang dipirolisis memiliki kadar air yang cukup tinggi yaitu 44,13% sehingga memungkinkan banyaknya asap yang timbul saat pirolisis TKKS. Hal ini sesuai dengan pendapat Wijaya, dkk. (2008),

dimana faktor utama yang menentukan kadar fenol dalam asap cair adalah banyaknya asap yang dihasilkan selama proses pirolisis berlangsung.

Kadar asam asetat

Asam merupakan senyawa yang berperan sebagai antibakteri dan juga dapat dapat memberikan citarasa produk asapan secara keseluruhan. Menurut Pszczola (1995), kadar asam yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan mikrobia karena mikrobia hanya bisa tumbuh pada kadar asam yang rendah. Oleh karena itu, kadar asam merupakan salah satu sifat kimia yang menentukan kualitas dari asap cair.

Senyawa asam yang terbentuk dari proses pembakaran TKKS merupakan senyawa asam organik yang terbentuk dari pirolisis komponen-komponen TKKS seperti selulosa dan hemiselulosa pada suhu tertentu. Selulosa mengalami pirolisis pada suhu 280°C yang akan menghasilkan asam asetat, furan, dan fenol (Zaitsev, 1969 *dalam* Darmadji, 2002). Pirolisis selulosa berlangsung dalam 2 (dua) tahap, yaitu tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, sedangkan tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol (Girard, 1992 *dalam* Darmadji, 2002).

Pada penelitian ini diperoleh kadar asam asetat asap cair hasil pirolisis TKKS sebelum dan sesudah redistilasi masing-masing sebesar 22,29% dan 16,45%. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Hawley dimana kadar asam asetat pada pirolisis suhu 400°C tersebut dapat mencapai 16% (Tranggono, dkk., 1996). Keasaman dalam asap mengkondisikan pH alami asap yang memiliki sifat mengawetkan, khususnya

pada produk asap. Kadar asam asetat yang tinggi pada asap cair menjadikan asap cair sangat berpotensi sebagai koagulan dan antimikrobia (Darmadji dan Suhardi, 1998). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa asap cair redistilasi hasil pirolisis TKKS sangat berpotensi sebagai bahan pengawet produk asapan.

Kadar asam asetat asap cair redistilasi hasil pirolisis TKKS (16,45%) lebih tinggi dibandingkan dengan asap cair tempurung kelapa (10,2%) (Tranggono, dkk., 2006). Hasil ini disebabkan karena kandungan selulosa TKKS sebesar 45,80% (Eka, 2000), lebih banyak dibandingkan kandungan selulosa pada tempurung kelapa sebesar 26,5% (Tahir, 1992). Besarnya kadar selulosa akan menentukan kadar asam asetat, air, furan pada asap yang dihasilkan (Girard, 1992 *dalam* Darmadji, 2002).

Kadar tar

Tar merupakan hasil dekomposisi termal TKKS pada proses pirolisis, yang sebagian besar terbentuk pada proses pirolisis lignin. Tar berbentuk cairan kental karena banyak terdapat padatan, berwarna coklat kehitaman, berbau sangat keras, dan mempunyai titik didih tinggi. Senyawa ini dinilai tidak aman bagi pangan karena bersifat karsinogenik (Halim, dkk., 2006).

Pada proses redistilasi asap cair hasil pirolisis TKKS terdapat residu berupa cairan kental berwarna kehitaman yang diduga mengandung komponen tar sebanyak 6,5 gram/220 gram asap cair yang diredestilasi (2,96%). Kadar tar tersebut lebih rendah dari kadar tar pada tempurung kelapa sebesar 5% (Novita, 2011). Hal ini dikarenakan kadar lignin TKKS sebesar 22,60% (Eka, 2000), lebih kecil dari kandungan lignin tempurung kelapa sebesar 29,4% (Tahir, 1992). Hasil tersebut sesuai dengan pendapat

Halim, dkk. (2006) bahwa kadar tar dipengaruhi oleh kandungan lignin bahan yang dipirolisis, semakin banyak kandungan lignin bahan maka semakin banyak tar yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian di atas dapat disimpulkan bahwa asap cair redestilasi hasil pirolisis TKKS tergolong asap cair *grade 2* yang dapat dimanfaatkan sebagai pengawet pangan. Kualitas asap cair TKKS sebagai pengawet pangan lebih baik dibandingkan dengan asap cair tempurung kelapa karena mengandung kadar fenol dan asam asetat lebih tinggi serta kadar tar lebih rendah. Hal ini sesuai dengan penelitian Widawati (2014) dimana penggunaan asap cair TKKS sebagai pengawet dan *flavouring* pada ikan pindang Kembung (*Rastrelliger sp*) dapat meningkatkan kualitas organoleptik (warna, aroma, tekstur, dan kenampakan) karena lebih disukai panelis dibandingkan tanpa penggunaan asap cair TKKS.

Selain itu, dapat disimpulkan juga bahwa kualitas asap cair sangat ditentukan oleh komposisi komponen kimia bahan baku, karena komponen tersebut dijadikan kriteria mutu cita rasa dan aroma sebagai ciri khas yang dimiliki asap cair. Komponen kimia penting yang dihasilkan dalam proses pengasapan tergantung pada jenis bahan baku pengasapan serta bahan yang dapat dibakar seperti hemiselulosa, selulosa, dan lignin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis TKKS memiliki pH 3,20, kadar fenol 6,85%, kadar asam asetat 16,45%, dan kadar tar 2,96% (tergolong asap cair *grade 2*) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengawet pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidanish. 2009. Kandungan asap cair, komponen senyawa penyusun asap cair. <http://produkkelapa.wordpress.com/2009/03/11/kandungan-asap-cair-komponen-senyawa-penyusun-asap-cair/> (1 Juli 2011).
- Anonim. 2010. Asap cair. https://id.wikipedia.org/wiki/Asap_cair (4 Juli 2011).
- Budijanto, S., R. Hasbullah, S. Prabawati, Setiadjit, Sukarno, dan I. Zuraida. 2008. Kajian keamanan asap cair tempurung kelapa untuk produk pangan. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 13(3): 194-203.
- Czernik, S. 2002. *Review of Fast Pyrolysis of Biomass*. U.S. National Renewable Energy Laboratory.
- Darmadji, P. 2002. Optimasi pemurnian asap cair dengan metoda redestilasi. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 13(3): 267-271.
- Darmadji, P. 1996. Antibakteri asap cair dari limbah pertanian. *Jurnal Agritech* 16(4): 19-22.
- Darmadji, P. dan H. Triyudiana. 2006. Proses pemurnian asap cair dan simulasi akumulasi kadar benzopyrene pada proses perendaman ikan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian* 26(2): 94-103.
- Darmadji, P. dan Suhardi. 1998. Produksi karet sheet dengan menggunakan asap cair sebagai koagulannya. *Prosiding Seminar Nasional Pangan dan Gizi, Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM*. Yogyakarta.

- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian. 2018. Kementerian Pertanian: Lahan Sawit Indonesia Capai 14,03 Juta Hektare. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/02/26/203000426/kementerian-pertanian--lahan-sawit-indonesia-capai-14-03-juta-hektare> (27 Maret 2018)
- Eka, N. 2000. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai sumber bahan kimia. *Warta PPKS* 8(3): 137-144.
- GAPKI. 2018. Refleksi Industri Kelapa Sawit 2017 dan Prospek 2018. <https://gapki.id/news/4140/refleksi-industri-kelapa-sawit-2017-dan-prospek-2018> (27 Maret 2018).
- Goenadi, D.H., W.R. Susila, dan Isroi. 2008. Pemanfaatan produk samping kelapa sawit sebagai sumber energi alternatif terbarukan. <https://isroi.com/2008/03/12/pemanfaatan-produk-samping-kelapa-sawit-sebagai-sumber-energi-alternatif-terbarukan/> (30 Juni 2011).
- Hadiwiyoto, S. 1993. *Teknologi Pangolahan Hasil Perikanan*. Liberty, Yogyakarta.
- Halim, M., P. Darmadji, dan R. Indrati. 2006. Aktivitas biopreservatif asap cair cangkang sawit dalam menghambat bakteri patogen dan pembusuk. *Jurnal Agrosains* 19(1): 67-79.
- Himawati, E. 2010. Pengaruh penambahan asap cair tempurung kelapa destilasi dan redestilasi terhadap sifat kimia, mikrobiologi dan sensoris ikan pindang Layang (*Decapterus spp*) selama penyimpanan. <https://eprints.uns.ac.id/237/1/165220109201010561.pdf> (6 Juli 2011).
- Indrasti, N. S. dan A.M. Fauzi. 2009. *Produksi Bersih*. IPB Press. Bogor.
- Isroi. 2008. Pengelolahan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit). <https://isroi.com/2008/06/23/pengolahan-tkks-tandan-kosong-kelapa-sawit/> (2 Juli 2011).
- Mamduqi, A. 2008. Mengolah limbah sawit jadi bioetanol. <http://anifmamduqi.blogspot.com> (5 Juli 2011).
- Novita, S.A. 2011. Kinerja dan analisis tekno-ekonomi alat penghasil asap cair dengan bahan baku limbah pertanian. http://repository.unand.ac.id/17403/1/KINERJA_DAN_ANALISIS_TEKNO.pdf (2 Januari 2012).
- Pszczola, D. E. 1995. Tour highlights production and uses of smoke base flavors. *Journal Food tech.* 49 (1): 70-74.
- Tahir, I. 1992. Pengambilan asap cair secara destilasi kering pada proses pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa. Skripsi. Fakultas MIPA. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (tidak dipublikasikan).
- Tim PT. SP. 2000. *Produksi bersih pengolahan tandan buah segar di pabrik kelapa sawit (pengalaman PT. Salim Indoplantation di Riau)*. Makalah lokakarya pelaksanaan produksi bersih pada industri

- minyak sawit. Pekanbaru, 2-3 Maret 2000.
- Tranggono, Suhardi, Setiadji, B., Darmadji, P., Supranto, dan Sudarmanto. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal Ilmu Pangan dan Teknologi Pangan* 1(2): 15-24.
- Widawati, L. 2014. Pembuatan asap cair tandan kosong kelapa sawit untuk pengawet dan *flavouring* pada ikan pindang Kembung (*Rastrelliger sp*). *Jurnal Agroteknologi* 8(1): 15-28.
- Wijaya, M., E. Noor, T.T. Irawadi, dan G. Pari. 2008. Karakteristik komponen kimia asap cair dan pemanfaatannya sebagai biopestisida. *Jurnal Bionature* 9(1): 34-40.