

Pemanfaatan Tangkai Pelepah Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Asap Cair untuk Penggumpalan Lateks

Utilization of Palm Fronds Stalk as Raw Material Liquid Smoke for Latex Coagulation

Rachmad Edison dan Ridwan Baharta

Politeknik Negeri Lampung

Jl. Soekarno-Hatta, No 10 Rajabasa, Bandar Lampung, 35144, Telp (0721) 703995

e-mail:redison@polinela.ac.id

ABSTRACT

Rubber Farmers use a coagulant that is not recommended as alum and TSP fertilizer, causing a decrease in the quality of rubber. To improve the quality of the rubber material, the rubber farmers are required to use a coagulant suggestions such as formic acid. But the material is not cheap and readily available at the farm level. Liquid smoke produced from pyrolysis of various parts of plants containing phenol and acid that can be used as a coagulant latex. The use of coconut shell as the raw material liquid smoke liquid smoke affects the production cost by 30%. It is necessary to use other materials that are cheaper and have the quality of liquid smoke is relatively the same. Palm frond stalk trimming process results palm oil has been allowed to decay is not utilized. Palm frond stalk can be used as an inexpensive raw material for the manufacture of liquid smoke. In 1 ha there are 6.3 million tonnes per year of palm fronds that can be used as raw material for the manufacture of liquid smoke cheap. The results showed that the liquid smoke with a dose of 4% - 12% v/v can be used as a coagulant latex with the level of quality of rubber produced can reach SIR 10. Latex coagulation process that uses liquid smoke made from coconut shell and palm shell to produce only a rubber with a lower quality of SIR 20. Smoke liquid at a dose of 4% latex cause coagulating time longer, while the use of liquid smoke up to 12% v/v can degrade the quality of rubber SIR 10. The use of liquid smoke stalk-based palm fronds with a dose of 4% -12% v/v is technically no different from the use of 0.4% formic acid in latex coagulant.

Keywords: Coagulation latex, pyrolysis, liquid smoke, the quality of rubber, stalk of midrib palm oil

Diterima: 14 Agustus 2016 disetujui: 31 Agustus 2016

PENDAHULUAN

Petani karet di Indonesia memiliki luas lahan perkebunan karet lebih dari 80 persen dari total luas kebun karet di Indonesia sehingga sangat mempengaruhi produksi dan mutu karet Indonesia di perdagangan internasional. Pada sisi lain sebagian besar petani karet di Indonesia membuat bahan olah karet dalam bentuk slab dan lum dengan menggunakan bahan pembeku bahan penggumpal (koagulan) seperti cuka para (H_2SO_4), tawas, dan pupuk fosfat (TSP) yang tidak dianjurkan karena merusak mutu karet. Bahan penggumpal yang dianjurkan seperti asam formiat atau asam asetat tidak murah dan mudah diperoleh oleh petani karet. Akibatnya mutu karet yang dihasilkan petani hanya sebagian kecil mencapai SIR 20 yang merupakan mutu karet yang paling rendah dan sebagian lagi produsen karet ekspor harus mencari karet yang

bermutu SIR 5 dan SIR 10 sebagai bahan campuran karet yang perlu ditambahkan pada produksi karet rakyat untuk mencapai mutu SIR 20.

Untuk itu alternatif penggunaan bahan penggumpal lain seperti asap cair dapat dimanfaatkan sebagai bahan penggumpal lateks. Penggunaan asap cair berbasis tempurung kelapa membutuhkan biaya rata-rata 3000 rupiah per liter atau 30 % dari total komponen biaya pembuatan asap cair. Penggunaan tempurung kelapa ini selain memberatkan biaya produksi asap cair juga tingkat ketersediaannya sangat sulit terpenuhi karena penggunaan kelapa yang tersebar pada berbagai kegiatan produksi kopra, pasar, dan rumah tangga sehingga cukup sulit untuk mengumpulkannya.

Dalam proses produksi kelapa sawit selalu ada proses pemangkasan pelapah kelapa sawit dan menghasilkan limbah yang sangat besar. Limbah pelelah kelapa sawit selama ini dibiarkan melapuk pada lahan sawit dalam waktu yang cukup lama sebagai pengganti hara alami. Sebagian kecil pelelah sawit dimanfaatkan untuk pakan ternak tetapi bagian tangkai kelapa sawit tidak dapat digunakan karena kandungan hemiselulosa yang tinggi. Tangkai pelelah kelapa sawit ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan asap cair.

Penggunaan tempurung kelapa sebagai bahan baku asap cair membutuhkan biaya tambahan pengadaan bahan baku tempurung kelapa. Dalam proses asap cair dibutuhkan tambahan biaya sebesar 30 %. Pruning atau pemangkasan pada tanaman kelapa sawit adalah proses pembuangan pelelah-pelelah yang sudah tidak produktif pelelah kering pada tanaman kelapa sawit. Pemangkasan merupakan termasuk dalam kegiatan persiapan panen dengan tujuan agar tidak mengganggu proses pemanenan pula. Limbah yang dihasilkan dari pemotongan pelelah kelapa sawit dapat mencapai 22 pelelah per pohon atau 6,3 juta ton per ha pelelah pertahunnya (Litbang Deptan, 2010). Limbah pelelah kelapa sawit umumnya dibiarkan diletakkan sampai lapuk di lahan sebagai pupuk alami dan sebagian dari daun sawit diolah lebih lanjut sebagai pupuk organik dengan beberapa kondisi perlakuan. Sedangkan bagian tangkai dari pelelah kelapa sawit yang mempunyai kandungan selulosa yang sangat tinggi sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk proses pelapukan dan tidak dapat digunakan sebagai bahan pupuk organik. Limbah tangkai pelelah kelapa sawit ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan asap cair.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mencari bahan alternatif pengganti asam formiat (HCCOH) sebagai bahan penggumpal lateks dengan mendapatkan Formulasi dosis penggunaan asap cair berbahan baku tangkai pelelah kelapa sawit untuk bahan koagulasi lateks yang optimum dan Pengaruh asap cair berbahan baku tangkai pelelah kelapa sawit terhadap proses pengolahan dan mutu karet yang dihasilkan.

METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei sampai November 2015 di laboratorium Produksi Tanaman Politeknik Negeri Lampung untuk perlakuan, lateks, proses produksi lateks, dan pengujian bahan baku karet. Pembuatan asap cair berbasis tangkai pelelah kelapa sawit dilakukan pada unit pirolisis yang ada di bengkel kebun Politeknik Negeri Lampung. Untuk pengujian mutu karet remah sesuai *Standard Indonesian Rubber* (SIR) dilakukan di laboratorium uji mutu SIR Way Berulu PTPN VII, Kabupaten Pesawaran, Lampung

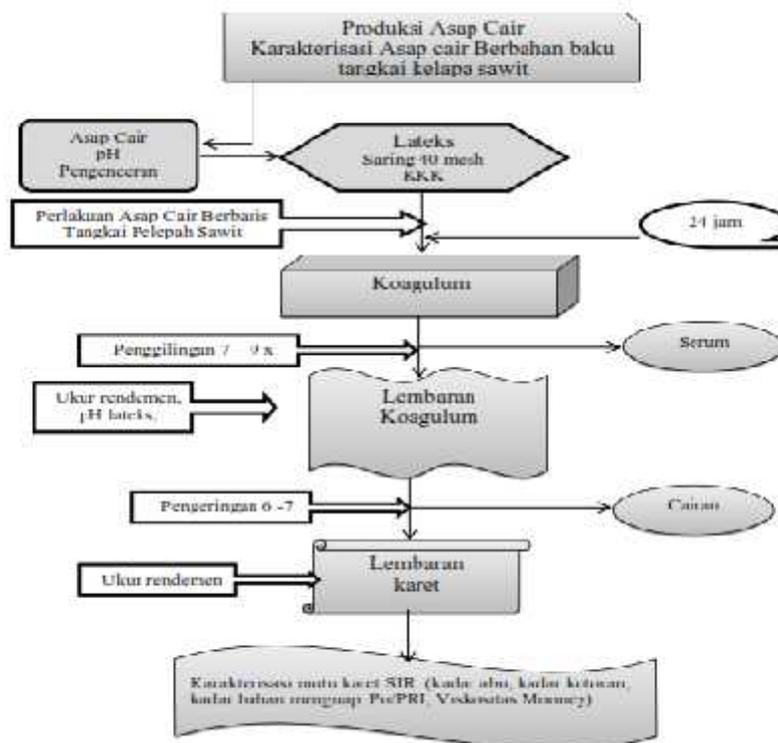
Metode penelitian menggunakan RAK untuk konsentrasi asap cair yang dicobakan yaitu Dosis asap cair (K) terdiri: ($K_1 = 0,0$; $K_2 = 4$; $K_3 = 6$; $K_4 = 8$; $K_5 = 10$; $K_6 = 12$; $K_7 = 14$) % v/v, dalam 3 ulangan. Uji nilai tengah untuk menentukan perbedaan menggunakan BNT 5% dan proses analisis data menggunakan Minitab ver. 16.

Pelaksanaan Tahapan Penelitian

1. Sebanyak 40 kg tangkai pelelah kelapa sawit yang sudah dibersihkan dari daunnya dimasukkan ke dalam ketel pirolisis.
2. Perangkat alat pirolisis dihubungkan satu sama lainnya mulai dari ketel ke penampung tar sampai ke kondensor.

3. Alat pirolisis dipanaskan menggunakan bahan bakar kayu selama 5 jam.
4. Temperatur alat pirolisis dipertahankan 550 °C
5. Asap cair yang diperoleh dari hasil kondensasi yang dikemas dalam botol 1 liter diukur pH, kadar air, fenol, asam, dan tar
6. Selanjutnya dilakukan proses pengenceran dengan menggunakan aquades sampai mencapai pH 4. Dosis asap cair yang diberikan berdasarkan berat lateks dalam persen (v/v).
7. Sebanyak 5 liter 1 lateks diukur kadar kadar kering (KKK) dan disaring dengan saringan 40 mesh ditempatkan ke dalam bak koagulasi. Jumlah bak koagulasi sebanyak 18 buah sesuai dengan perlakuan setiap ulangan.
8. Pemberian asap cair sebanyak 0, 40, 60, 80, 100, 120, dan 140 ml per liter lateks, sedangkan penggunaan asap cair 0 ml diganti dengan asam formiat 2% sebanyak 0,4%/kg KKK lateks.
9. Pemberian asap cair dilakukan secara perlahan dan diaduk merata dan dibiarkan sampai menggumpal selama 24 jam.
10. Koagulum yang terbentuk dicuci dan digiling menggunakan gilingan tangan sebanyak 7-9 kali sampai diperoleh lembaran karet yang tipis dan merata.
11. Lembaran karet ditimbang untuk mendapatkan data rendemen koagulum.
12. Hasil penggilingan dikeringanginkan dan dikeringkan dalam rumah pengering crepe selama 6-7 hari.
13. Lembaran karet kering ditimbang untuk mendapatkan data rendemen karet.
14. Hasil karet crepe yang diperoleh dibungkus dengan plastik untuk selanjutnyadilakukan pengujian mutu karet sesuai dengan mutu SIR.

Data proses produksi yang diamati adalah (1) lama waktu penggumpalan, (2) pH lateks, (3) kekerasankoagulum, (4) rendemen koagulum, dan (5) rendemen karet. Mutu karet remah (SIR) sesuai SNI06-1903-2000yang diamati adalah (1) Kadar Kotoran, (2) Kadar Bahan Menguap, (3) Kadar Abu, (4) Plastisitas awal (Po), (5) Plastisitas Akhir (Pa), (6) PRI.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi Asap Cair

Bahan baku pelepah kelapa sawit yang digunakan sebagai penelitian utama diproduksi menggunakan alat reaktor pirolisis yang berukuran 40 x 60 cm, sedangkan sebagai pembanding diproduksi juga asap cair berbahan baku tempurung kelapa sawit dan tempurung kelapa dengan menggunakan alat reaktor yang pirolisis yang sama. Hasil perbandingan produksi dari masing masing bahan baku disajikan dalam Tabel 1 di bawah ini

Berdasarkan hasil data produksi asap cair pada Tabel 1 menunjukkan produksi asap cair yang berbahan baku tangkai pelepah kelapa sawit menghasilkan asap cair sebanyak 22 liter dengan pH 2,78 dan secara fisik memberikan warna yang lebih baik dari pada asap cair dari tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit. Jumlah tar yang hanya mencapai 200 ml dari produksi asap cair berbasis tangkai pelepah kelapa sawit diharapkan dapat menurunkan kadar kotoran karet yang dihasilkan. Asap cair dengan bahan baku tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit menghasilkan warna yang lebih gelap dengan produksi arang yang lebih banyak dan tekstur yang lebih baik dari pada tangkai pelepah kelapa sawit. Untuk biaya produksi, penggunaan tangkai kelapa sawit untuk pembuatan asap cair lebih menguntungkan karena biaya bahan baku lebih murah dan bahan tersebut mudah didapatkan dari hasil pemangkasan pelepah kelapa sawit yang rutin dilakukan di kebun sawit. Sedangkan penggunaan tempurung kelapa dan tempurung kelapa sawit lebih mahal dan pengadaannya sangat sulit karena harus bersaing dengan pengrajin pembuat arang yang membutuhkan dalam jumlah besar. Biaya produksi asap cair yang harus dikeluarkan untuk produksi asap cair berbahan baku tempurung kelapa mencapai Rp 3.000 per liter asap cair yang dihasilkan atau 30 % dari biaya produksi asap cair (Edison *dkk*, 2013). Walaupun secara ekonomi untuk produksi asap cair berbahan baku tempurung kelapa dan kelapa sawit lebih menguntungkan karena dapat diperoleh hasil tambahan lain berupa arang dan tar.

Tabel 1. Data hasil produksi asap cair dari bahan baku tangkai pelepah kelapa sawit, tempurung kelapa, dan tempurung kelapa sawit

Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku (Kg)	Harga bahan baku (Rp/kg)	Produksi Asap Cair (liter)	Produksi Tar (ml)	Produksi Arang (kg)	pH asap cair	Warna Asap Cair
Tempurung Kelapa	40	7.000	25	1.000	15	3,53	Coklat muda agak kental
Tempurung kelapa sawit	40	4.000	20	2.000	20	3,89	Coklat tua kental
Tangkai pelepah kelapa sawit	40	500	22	200	6	2,78	Kuning kecoklatan lebih cair

Proses pengolahan

Hasil sidik ragam menunjukkan penggunaan asap cair 4 % per liter lateks dapat menurunkan pH lateks sampai pH 5,3 dan penggunaan asap cair lebih tinggi sampai 14% per liter lateks menyebabkan penurunan pH dapat mencapai 4,4 (Tabel 2). Penggunaan dosis asap cair yang semakin tinggi menyebabkan penggumpalan lateks lebih cepat yang ditunjukkan pH lateks yang semakin rendah dan waktu penggumpalan lateks lebih cepat. Penggunaan asap cair 4 % v/v menyebabkan waktu penggumpalan lebih lama dan rendemen yang lebih rendah dengan permukaan lembaran karet yang tidak merata. Sedangkan rendemen karet yang ditunjukkan kadar karet kering mengalami peningkatan dengan meningkatnya penggunaan asap cair. Asap cair mengandung fenol dan asam sehingga dapat digunakan sebagai koagulan lateks.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan asap cair terhadap pH penggumpalan, waktu penggumpalan, dan kadar karet kering karet yang dihasilkan

Perlakuan Asap Cair (% v/v)	pH penggumpalan	Waktu Penggumpalan (menit)	Kadar Karet Kering (%)
0(asam formiat 0.4%)	5,7 a	3,7 bc	25 b
4	5,3 b	16,3 a	22 c
6	5,1 b	5,3 b	22 c
8	4,8 c	4,7 b	23 c
10	4,7 c	3,0 c	23 c
12	4,7 c	3,0 c	24 b
14	4,4 d	2,0 f	31 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan

Mutu teknis, karakteristik vulkanisasi dan sifat fisik vulkanisat dari karet yang dibekukan dengan Deorub K adalah setara dengan asam format (Solichin dan Anwar, 2006). Menurut Darmaji (2009) bahwa komponen asam dalam asap cair terdiri dari berbagai unsur asam yaitu asam asetat, asam butirat, asam propinat, dan asam isovalerat. Dengan demikian, maka semakin banyak asap cair yang diberikan ke lateks akan membuat penurunan pH dengan itu akan mengganggu kesetabilan dan kemantapan lateks sehingga cepat menggumpal. Hal ini sejalan dengan Ompusunggu (1987) yang menyatakan, penurunan pH akan membuat lateks lebih cepat menggumpal. Kecepatan penggumpalan lateks oleh asap cair dipengaruhi juga oleh jenis bahan baku selulosa pembentuk asap cair. Asap cair yang berasal dari cangkang sawit atau tempurung kelapa menghasilkan asap cair yang lebih pekat pHnya berkisar 2-3 sehingga dapat mempercepat proses koagulasi lateks, tetapi tingkat mutu yang lebih rendah karena meningkatkan kadar abu dan kadar kotoran (Edison *dkk*, 2013). Warna lembaran karet yang dihasilkan dengan penggumpalan asap cair berbahan baku tangkai pelepah kelapa sawit lebih kuning kecerahan dibandingkan dengan asap cari dari tempurung kelapa dan kelapa sawit yang lebih cenderung gelap coklat kehitaman (Gambar 2).



Gambar 2. Lembaran karet yang digumpalkan dengan asap cair berbahan baku tangkai kelapa sawit (1), cangkang kelapa sawit (2), dan tempurung kelapa (3)

Uji Mutu Karet

Proses pengolahan

Penggunaan asap cair dari 4 % v/v sampai 14 % v/v tidak berpengaruh terhadap nilai PRI karet yang dihasilkan. Nilai PRI berkisar dari 85,6 % - 87,1 %. Penggunaan asap cair tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan penggunaan asam format. Nilai PRI karet yang dihasil dari berbagai perlakuan memberikan hasil tinggi sesuai dengan standar mutu karet Indonesia (PRI). Hasil sidik ragam menunjukkan penggunaan asap cair memberikan hasil yang tidak berbeda dengan asam formiat (kontrol) (Tabel 3). Nilai kadar bahan

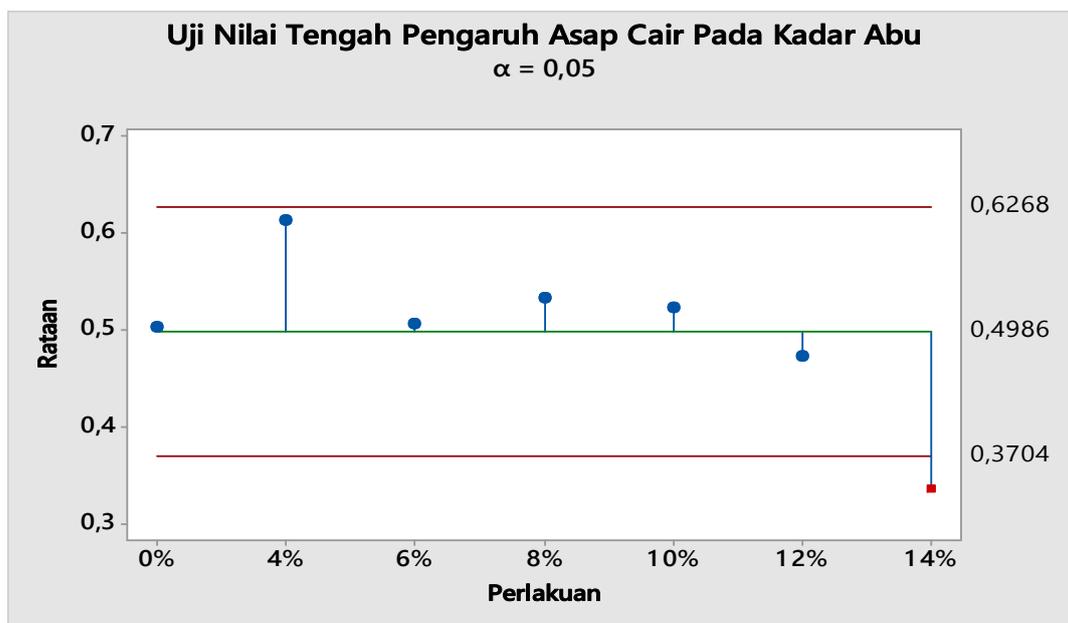
menguap berkisar 0,66 % - 0,74 %. Sesuai dengan SNI karet maka nilai kadar bahan menguap masih memenuhi syarat mutu karet SIR 10.

Tabel 3. Pengaruh perlakuan asap cair terhadap PRI, kadar bahan menguap, kadar abu, dan kadar kotoran karet yang dihasilkan

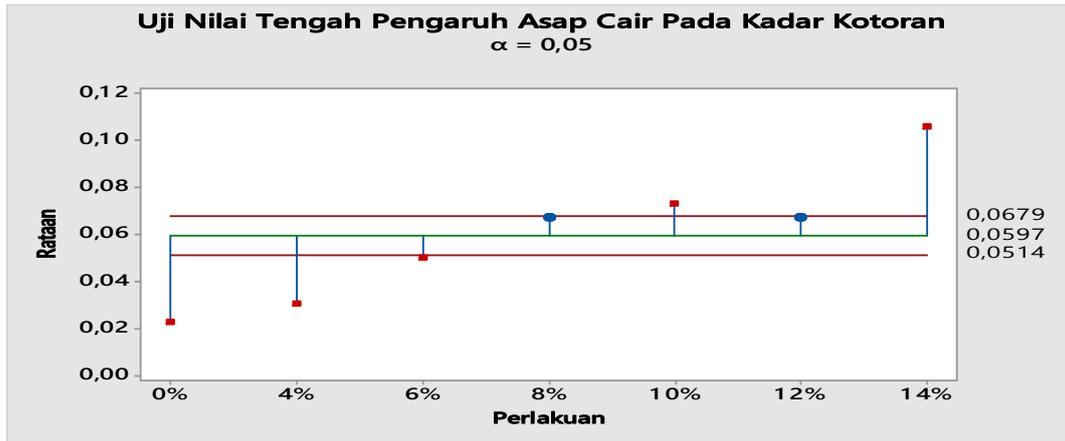
Perlakuan Asap Cair (% v/v)	<i>plasticity retention index (PRI) (%)</i>	Kadar Zat Menguap (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Kotoran (%)
0 (asam formiat 0.4%)	86,8 a	0,72 a	0,50 a	0,02 d
5	87,1 a	0,69 a	0,61 a	0,03 d
4	85,7 a	0,66 a	0,51 a	0,05 c
6	86,4 a	0,67 a	0,53 a	0,07 b
8	86,8 a	0,72 a	0,52 a	0,07 b
12	86,2 a	0,73 a	0,47 ab	0,07 b
14	85,6 a	0,74 a	0,34 b	0,11 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan

Uji nilai tengah memberikan hasil perlakuan yang mendekati kontrol yaitu perlakuan 10% v/v dan perlakuan terendah terlihat pada perlakuan 6% v/v. Hal ini diduga karena pemberian dosis asap cair yang tinggi akan mempercepat penggumpalan sehingga serum yang terbawa semakin banyak. Sejalan dengan Rao (1974) dalam Edison *dkk* (2013), yang menyatakan koagulum yang keras, bersamaan dengan gilingan kreper yang tumpul dan ukuran remah yang relatif besar dapat menyebabkan air terperangkap pada sebagian remahan sehingga kadar zat menguap tinggi. Penggunaan asap cair yang meningkat dari 4% sampai 14% v/v dapat menurunkan kadar abu dari 0,61% menjadi 0,34% (Gambar 3). Kenaikan kadar abu jarang terjadi kecuali di dalam lateks dengan sengaja ditambahkan bahan lain seperti lumpur, tanah dan pasir. Menurut Darmaji (2009) pada asap cair grade 3 masih banyak mengandung kadar abu yang mencapai 0,6%. Penggunaan asap cair berbahan baku tempurung kelapa dapat meningkatkan kadar abu karet. Peningkatan kadar abu oleh asap cair dapat disebabkan oleh kandungan tar yang tinggi dari asap cair (Edison *dkk*, 2014).



Gambar 3. Uji nilai tengah pengaruh asap cair pada kadar abu karet



Gambar 4. Uji nilai tengah pengaruh asap cair pada kadar kotoran

Hasil sidik ragam penggunaan asap cair pada kadar kotoran berbeda nyata (Gambar 4). Penggunaan asap cair 4 % sampai 12 % memberikan hasil nilai kadar kotoran yang tidak berbeda dengan penggunaan asam format. Namun penggunaan asap cair sampai 14 % menyebabkan peningkatan kadar kotoran karet. Hal ini diduga kandungan tar yang ada dalam asap cair berpengaruh terhadap peningkatan kadar kotoran karet. Diduga asap cair masih terdapat kotoran sehingga membuat kadar kotoran tinggi. Menurut AG Haji (2013), kandungan asap cair masih banyak mengandung lignin, abu, selulosa, nitrogen yang menyebabkan tingginya kadar kotoran. Dengan demikian penggunaan asap cair berbahan baku tangkai kelapa sawit lebih dari 14 % menyebabkan penurunan mutu karet menjadi SIR 20. Dibandingkan dengan penggunaan asap cair berbasis tempurung kelapa, karet yang dihasilkan mempunyai nilai kadar abu dan kadar kotoran di atas 1% sehingga mutu karet hanya dapat mencapai SIR 20 (Edison *dkk*, 2013).

KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat disimpulkan: Dosis asap cair berbahan baku tangkai pelepah kelapa sawit 6%-12 % v/v dapat digunakan sebagai bahan penggumpal lateks karena dapat tidak terpengaruh buruk terhadap proses pengolahan lateks dan mutu karet yang dihasilkan.; Penggunaan asap cair berbasis tangkai pelepah kelapa sawit 6%-12% v/v dapat menghasilkan karet SIR 10 dan lebih baik dibandingkan dengan asap cair berbasis tempurung kelapa; dan penggunaan asap cair 4% v/v memberikan waktu penggumpalan lateks yang lebih lama, sedangkan penggunaan asap cair 14% v/v dapat menurunkan mutu karet SIR 10.

SARAN

Untuk mendapatkan hasil yang baik dari penggunaan asap cair berbasis tangkai pelepah kelapa sawit, perlu disarankan untuk penelitian lebih lanjut dengan berbagai kondisi proses produksi asap cair dan pengaturan dosis yang lebih spesifik dengan memperhatikan KKK lateks.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, atas pendanaan penelitian ini melalui proyek Hibah Bersaing tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Bairmark, Y., J. Threeprom, N. Dumrongchai, Y. Srisuwan, and N Kotsaeng, 2008. Utilization of wood vinegars as sustainable coagulating and antifungal agents in the production of natural rubber sheets. *J. Environmental Science and Technology* 1 (4) 157-163, 2008. ISSN 1994-7887. Asian Network for Scientific Information.

Edison, R dan Ridwan Baharta : *Pemanfaatan Tangkai Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Asap...*

- Barly dan Krisdianto, 2012. Petunjuk Teknisi Pembuatan Arang Untuk Memanfaatkan Limbah Kayu Karet Rakyat. Technical Document No. 2 Proyek ITTO PD 523/08 Rev. 1 (I) Operational Strategies for the Promotion of Efficient Utilization of Rubberwood from Sustainable Sources in Indonesia.
- Bob Dzikowicz R.T., _____. Latexes. Vanderbilt Published Articles, Paper and Presentation. R.T. Vanderbilt Company, Inc. 30 Winfield Street, P.O. Box 5150, Norwalk, CT 06856-5150.
- Darmaji, P. 2009. Teknologi asap cair dan aplikasinya pada pangan dan hasil pertanian. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Egwaikhide, P., Akporhonor, E., and Okieimen, F. 2007. Effect of coconut fibre filler on the cure characteristics physico-mechanical and swelling properties of natural rubber vulcanisates. International Journal of Physical Sciences Vol. 2 (2), pp. 039-046, February, 2007 Available online at <http://www.academicjournals.org/IJPS> ISSN 1992 - 1950 © 2007 Academic Journals
- Edison, R. Ersan, dan Eko P., 2013. Penggunaan asap cair untuk penggumpalan lateks dan pengaruhnya terhadap mutu karet SIR, *draft laporan penelitian*. Politeknik Negeri Lampung.
- Edison, R, Ersan, dan M. Rofiq. 2014. Transfer teknologi pembuatan asap cair berbasis tempurung kelapa sebagai bahan penggumpal lateks pada kelompok tani Sang Arus Jaya dan Setya Jadi Air Nainingan Tanggamus. Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat, 11-12 September.
- Edison, R., Alek. M., dan Dina S., 2014. Proses produksi asap cair dengan bahan tempurung kelapa dan pelepah kelapa sawit (*progress report*).
- Gapkindo, 2013. Luas Tanaman Karet Indonesia. www.Gapkindo.Org. diakses tanggal 7 Maret 2013.
- Litbang Deptan, 2010. Pengolahan pelepah kelapa sawit menjadi pakan. http://lolitikambing.litbang.deptan.co.id/ind/images/stories/pdf/pakan_komplitpelepah_kelapa_sawit.pdf. diakses tanggal 10 Maret 2015.