

AKTIVITAS ANTIBAKTERI ASAP CAIR TANDAN KOSONG SAWIT GRADE 2 YANG SEBELUMNYA DIADSORPSI ZEOLIT TERAKTIVASI

Yufi Intan Lestari^{1*}, Nora Idiawati¹, Harlia¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

*email: yufi.intan.lestari02@gmail.com

ABSTRAK

*Asap cair tandan kosong sawit (TKS) mengandung senyawa asam, fenol dan karbonil yang dapat berfungsi sebagai antibakteri. Sifat antibakteri asap cair tersebut diharapkan dapat menjadi alternatif pengganti pengawet yang berbahaya bagi pangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komponen asap cair TKS yang telah diproses hingga menjadi asap cair TKS grade 2 dan untuk menentukan aktivitas antibakteri asap cair TKS grade 2 terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dilihat dari nilai Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM). Asap cair didapat dari proses pirolisis terhadap TKS. Asap cair yang dihasilkan selanjutnya masuk tahap destilasi untuk menjadikan asap cair grade 3. Asap cair grade 3 difiltrasi dengan menggunakan zeolit teraktivasi H_2SO_4 kemudian destilasi kembali, sehingga diperoleh asap cair grade 2. Asap cair grade 3 dan grade 2 dianalisis dengan GC-MS. Asap cair grade 2 selanjutnya di uji sifat antibakteri dengan bakteri *E.coli* dan *S.aureus* dengan melihat nilai KHM dan KBM dengan metode dilusi cair dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Hasil analisis GC-MS asap cair grade 2 terdapat 11 senyawa dari golongan fenol, karbonil dan asam yang terkandung dalam asap cair TKS grade 2 yaitu senyawa fenol, 2-metilfenol, 4-metilfenol, 2-metoksifenol, 3,5-dimetilfenol, 3-etilfenol, 2-metoksi-4-metilfenol, 2,6-dimetoksifenol, 2-metil-2-siklopenten-1-on, 2,3-dimetil-2-siklopenten-1-on dan asam asetat. Hasil uji sifat antibakteri asap cair grade 2 memiliki sifat bakteriostatik dilihat dari nilai KHM untuk kedua bakteri uji sebesar 6%.*

Kata Kunci : *asap cair, antibakteri, E.coli, S.aureus, dilusi cair*

PENDAHULUAN

Pangan sangat rentan terhadap kontaminasi bakteri berbahaya yang dapat menyebabkan penyakit, seperti diare yang disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* dan bakteri *Staphylococcus aureus*, serta keracunan makanan yang disebabkan oleh bakteri *Bacillus cereus* (Irianto, 2007). Usaha untuk mengatasi kerusakan bahan pangan akibat bakteri pada umumnya dengan menggunakan pengawet berbahan kimia seperti formalin dan boraks (Tirtodiharjo, 2011).

Pengawet seperti formalin dan boraks sangat berbahaya bagi manusia apabila dikonsumsi. Saat ini para peneliti banyak menyarankan alternatif pengawet berbahan alami seperti asap cair. Asap cair adalah suatu hasil pengembunan dari uap hasil pembakaran secara langsung maupun tidak langsung. Asap cair didapat dari hasil pirolisis kayu lunak maupun kayu keras,

salah satu diantaranya adalah tandan kosong sawit (TKS), tempurung kelapa dan kayu. Menurut Widiastuti dan Panji (2007) dan Nuryanto (2001) TKS dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan asap cair, selain itu TKS mengandung senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin yang merupakan material kimia pembentuk komponen asap cair.

Komponen penyusun asap cair diantaranya adalah fenol, karbonil (terutama keton dan aldehyd), asam, furan, alkohol, ester, lakton, hidrokarbon alifatik, dan hidrokarbon poliklis aromatis. Menurut Prananta (2008) kandungan senyawa asam, fenolat dan karbonil menyebabkan asap cair dapat berfungsi sebagai pengawet pangan alami. Tidak semua asap cair dapat digunakan sebagai pengawet pangan, asap cair grade 3 tidak dapat digunakan sebagai pengawet pangan dikarenakan masih

mengandung tar dan senyawa yang berbahaya bagi kesehatan apabila dikonsumsi. Asap cair yang dapat digunakan sebagai pengawet pangan adalah asap cair *grade 2* dan *grade 3*.

Asap cair yang dapat digunakan untuk pangan merupakan asap cair yang telah mengalami destilasi berulang dan pemurnian dengan menggunakan adsorben zeolit atau karbon aktif. Penelitian mengenai pemurnian asap cair dengan menggunakan adsorben telah dilakukan oleh Novita (2011). Penelitian tersebut menggunakan adsorben karbon aktif. Zeolit merupakan bagian dari sekelompok mineral yang merupakan hasil dari proses hidrotermal pada batuan beku basa (Saputra, 2006). Struktur khas dari suatu zeolit yaitu hampir sebagian besar merupakan kanal dan pori. Hal ini yang menyebabkan pori memiliki luas permukaan yang besar. Luas permukaan zeolit dapat diperbesar dengan melakukan aktivasi (Lestari, 2010).

Penelitian yang dilakukan oleh Harianti (2011) menggunakan adsorben zeolit untuk melihat karakterisasi suatu asap cair berbahan baku tandan kosong kelapa sawit, namun pada penelitian tersebut belum membahas mengenai sifat dari antibakteri suatu asap cair yang telah dimurnikan dengan adsorben zeolit. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan penelitian terhadap komponen yang terkandung dalam asap cair *grade 2* yang sebelumnya telah diadsorpsi dengan menggunakan zeolit teraktivasi dan sifat antibakterinya.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan asap cair dari tandan kosong sawit, asap cair yang dihasilkan diproses melalui destilasi berulang dan adsorpsi oleh zeolit teraktivasi hingga menjadi asap cair *grade 2*. Selanjutnya asap cair *grade 2* diuji sifat antibakteri dengan menggunakan bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Penelitian ini akan mengkaji sifat dari asap cair *grade 2* sebagai antibakteri yang dapat diaplikasikan sebagai pengawet pangan berbahan alami.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

Sampel yang digunakan adalah tandan kosong sawit. Sampel diperoleh dari PT. BPK Desa Sungai Malaya, Kecamatan

Sungai Ambawang, Kubu Raya, Kalimantan Barat.

Alat dan Bahan

Alat

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian adalah autoklaf, ayakan 200 mesh, desikator, *Gas Chromatography Mass Spectra* (GC-MS), *hot plate*, neraca analitik, oven, seperangkat alat destilasi, seperangkat alat gelas, seperangkat alat pirolisis, spektrofotometri UV-Vis dan vortex.

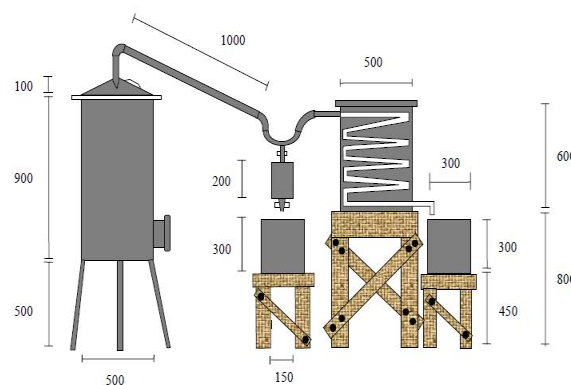
Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah akuades, asam sulfat (PA) pekat, biakan murni bakteri *E.coli* dan *S.aureus*, metilen biru, *Nutrient Broth* (NB), *Nutrient Agar* (NA) dan zeolit.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Asap Cair

Tandan kosong sawit sebanyak 15 kg dimasukkan kedalam reaktor pirolisator (dapat dilihat pada Gambar. 1) dan ditutup rapat, selanjutnya di panaskan kurang lebih 6 jam. Asap yang dihasilkan akan mengalir menuju kolom pendingin dan terkondensasi menjadi cairan. (Harianti, 2011).



Gambar 1. Reaktor Pirolisator

Asap cair dan tar ditampung selama 24 jam. Asap cair yang telah dipisahkan dari tar kemudian disaring sebanyak 2 kali dengan menggunakan kertas saring biasa dan dilanjutkan dengan menggunakan kertas saring whatman 42 (Triyudianto dan Purnama, 2008).

Aktivasi Zeolit

Zeolit yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Bandung Selatan. Zeolit diaktivasi dengan menggunakan larutan H_2SO_4 1,2 M selama 24 jam dan

kemudian di ayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh.

Pemurnian Asap Cair dengan Zeolit Teraktivasi

Asap cair yang telah didestilasi diadsorpsi menggunakan adsorben zeolit teraktivasi. Zeolit sebanyak 1 gram ditambahkan dengan asap cair sebanyak 10 mL, kemudian diaduk selama 15 menit pada suhu 60°C dan disaring (Harianti, 2011).

Karakterisasi Luas Permukaan Zeolit

Karakterisasi luas permukaan zeolit dilakukan dengan menggunakan metode adsorpsi terhadap larutan metilen biru yang diukur absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yaitu 665 nm. Selanjutnya ditentukan waktu kontak maksimum untuk mendapatkan berat teradsorpsi maksimum (mg/g) (SNI 06-3730-1995).

Pembuatan Asap Cair Grade 2

Asap cair yang telah dimurnikan dengan zeolit teraktivasi selanjutnya didestilasi kembali. Kemudian asap cair tersebut dianalisis menggunakan GC-MS dan dilakukan uji sifat anti bakteri.

Analisis Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM)

Tabel 1. Penambahan Asap Cair dan Media

No. Tabung	Asap Cair 80% (mL)	Media NB (mL)	Persentase Larutan
0	0	10	0%
1	0,2	9,8	2%
2	0,4	9,6	4%
3	0,6	9,4	6%
4	0,8	9,2	8%
5	1,0	9,0	10%

Metode yang digunakan untuk penentuan Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM) adalah dengan menggunakan metode dilusi cair atau pengenceran. Setiap tabung reaksi diisi dengan 9 mL media *Nutrient Broth* steril, 1 mL asap cair 80% dan 1 tabung digunakan sebagai kontrol sehingga tidak perlu ditambahkan asap cair. Masing-masing suspensi bakteri diinokulasikan sebanyak 1 mL pada setiap tabung (Dewi, 2010).

Banyaknya variasi asap cair dan media yang ditambahkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil pengenceran kemudian diambil secara aseptis dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 480 nm. Selanjutnya tabung uji diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 18-24 jam dan diukur kembali dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. KHM ditentukan pada tabung yang tidak mengalami kekeruhan yang diketahui dengan melihat nilai absorbansi. KHM ditentukan dengan membandingkan ΔOD setelah perlakuan inkubasi dengan ΔOD sebelum perlakuan inkubasi, *Optical Density* (OD) bakteri adalah ≤ 0 (Dewi, 2010).

Uji lanjutan dilakukan untuk menentukan KBM, dengan cara mengambil 200 μ L dari konsentrasi yang menunjukkan KHM, ditambahkan ke dalam tabung reaksi berisi 5 mL media NB steril. Tabung uji diinkubasi selama 12-18 jam pada suhu 37°C, selanjutnya dilakukan pengukuran OD kembali dengan spektrofotometer UV-Vis (λ 480 nm). Apabila hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi terendah asap cair mempunyai OD adalah 0 (tidak adanya kekeruhan), maka didapatkan Kadar Bunuh Minimum (KBM) (Dewi, 2010).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Asap Cair Grade 3

Proses pirolisis berlangsung $\pm$ 6 jam dan menghasilkan destilat berupa cairan, padatan dan gas.



Gambar 2. Asap Cair Hasil Pirolisis

Asap cair yang dihasilkan berwarna hitam pekat kecoklatan (Gambar 2) dan berbau menyengat. Asap cair yang didapat sama dengan Bridgwater (2004), yang mengatakan bahwa asap cair berwarna kecoklatan dan memiliki bau yang khas. Asap cair yang didapat selanjutnya diendapkan selama 24 jam untuk memisahkan antara tar dengan asap cair.

Asap cair yang telah diendapkan terbagi menjadi dua lapisan. Lapisan dasar yang merupakan tar dan lapisan atas yang merupakan asap cair. Asap cair dipisahkan dari tar dan disaring. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan asap cair yang bebas dari pengotor. Asap cair yang telah disaring selanjutnya didestilasi. Dengan proses destilasi ini diharapkan asap cair yang dihasilkan memiliki warna yang lebih jernih dan memisahkan tar yang bersifat karsinogenik.

Pada proses destilasi komponen yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Destilat asap cair pertama kali didapat pada suhu 98°C. Asap cair yang telah melewati proses destilasi pertama disebut asap cair *grade 3*. Asap cair *grade 3* dan *grade 2* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



(A) (B)

Gambar 2. (A) Asap Cair *Grade 3*
(B) Asap Cair *Grade 2*

Asap cair *grade 3* selanjutnya di analisis dengan menggunakan GC-MS. Berdasarkan hasil GC-MS (Tabel 2) pada asap cair *grade 3*, maka didapat tiga komponen utama yaitu senyawa asam, fenol dan karbonil. Ketiga komponen utama tersebut merupakan hasil dari dekomposisi material organik pada tandan kosong sawit yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin. Menurut Menurut Prananta (2008) asam asetat dan derivatnya, furan dan fenol didapat dari pirolisis selulosa. furfural, furan dan derivat asam karboksilat didapat dari pirolisis hemiselulosa. Fenol dan derivatnya juga didapat dari pirolisis lignin.

Hasil GC-MS asap cair *grade 3* menunjukkan bahwa terdapat senyawa asam dengan persen area sebesar 44,70%, senyawa fenol dengan persen area 30,68% dan senyawa karbonil dengan 12,37%. Asap cair *grade 3* yang dihasilkan pada tahap ini belum bisa digunakan sebagai bahan pengawet pangan. Hal ini disebabkan karena masih mengandung senyawa yang berbahaya bagi kesehatan. Menurut

Ratnawati dan Hartanto (2010) senyawa 2-propanon dan 2-butanon merupakan senyawa yang berbahaya bagi kesehatan jika digunakan dalam produk pangan.

Tabel 2. Komponen Asap Cair *Grade 3* dan Asap Cair *Grade 2* Dari Analisis GC-MS

Nama Senyawa	Area (%)	
	Grade 3	Grade 2
Fenol		
Fenol	21,65	31,22
2-metilfenol	1,50	1,61
4-metilfenol	2,00	2,78
2-metoksifenol	2,15	2,7
3,5-dimetilfenol	0,56	-
3-etilfenol	0,67	0,83
2-metoksi-4-metilfenol	1,15	0,91
4-etil-2-metoksifenol	0,44	-
2,6-dimetoksifenol	0,56	1,3
Karbonil		
2-Propanon	3,60	-
2-Butanon	1,38	-
2-Furankarboksilaldehid	3,85	-
2-metil-2-siklopenten-1-on	0,78	0,28
Etanon	0,48	-
2-Furankarboksilaldehid	0,44	-
2-siklopenten-1-on	0,70	0,79
2,3-dimetil-2-siklopenten-1-on	0,46	0,53
Etanon	0,68	-
Butirolakton	1,13	-
Benzaldehid	0,32	-
Piridin	0,52	-
Asam		
Asam asetat	44,70	46,71
Asam Benzoat	0,62	-

Warna coklat pekat dan bau yang menyengat pada asap cair disebabkan karena masih mengandung senyawa fenol dan karbonil dalam jumlah yang banyak. Prananta (2008) mengatakan bahwa, adanya senyawa karbonil didalam asap cair memberikan pengaruh warna kecoklatan terhadap asap cair dan adanya senyawa fenol menyebabkan bau yang menyengat.

Aktivasi Zeolit

Zeolit yang digunakan pada penelitian ini merupakan zeolit alam. Zeolit alam merupakan zeolit yang ditambang langsung dari alam. Tujuan penggunaan zeolit adalah sebagai penyaring untuk asap cair, agar asap cair yang dihasilkan memiliki bau yang tidak terlalu menyengat dan warna yang gelap. Yuanita (2009) mengatakan bahwa kelebihan dari zeolit adalah memiliki luas permukaan dan keasaman yang mudah dimodifikasi.

Zeolit diaktivasi secara kimia melalui pengasaman yaitu dengan menggunakan asam sulfat 1,2 M. Menurut Harianti (2011) Aktivasi dengan menggunakan asam menyebabkan dealkalinisasi dan dealuminasi, yaitu keluarnya Al dan kation-kation dalam rangka zeolit. Hal ini menyebabkan luas permukaan zeolit semakin bertambah. Asap cair akan difiltrasi atau disaring oleh zeolit yang telah diaktivasi. Menurut Rahmatullah *et al* (2007) zeolit dapat digunakan sebagai penyaring disebabkan karena zeolit memiliki kerangka yang terdapat volume dan ukuran garis tengah ruang hampa dalam kisi-kisi kristal. Zeolit yang digunakan pada penelitian ini memiliki luas permukaan sebesar 18,677 m²/g.

Pembuatan Asap Cair Grade 2

Asap cair *grade 3* selanjutnya diadsorpsi dengan menggunakan zeolit teraktivasi yang bertujuan untuk mengurangi warna dan bau menyengat pada asap cair. Bau yang menyengat dari asap cair disebabkan karena adanya senyawa fenol. Menurut Fachraniah *et al* (2009) fenol memiliki bau yang tajam dan menyengat, namun untuk memberikan bau yang khas dari asap air disebabkan juga adanya senyawa lain seperti karbonil dan lakton. Warna pada asap cair disebabkan karena adanya senyawa karbonil.

Asap cair yang telah diadsorpsi dengan menggunakan zeolit teraktivasi kemudian didestilasi. Pada tahap ini diharapkan asap cair yang didapat bebas dari zat karsinogenik yang kemungkinan masih ada, sehingga aman untuk digunakan sebagai pengawet pangan. Asap cair yang dihasilkan merupakan asap cair *grade 2* yang memiliki warna kuning muda dan bau yang tidak terlalu menyengat. Perbedaan warna pada asap cair *grade 3* dan *grade 2*

dapat dilihat pada Gambar 3. Asap cair *grade 2* selanjutnya dianalisis dengan menggunakan GC-MS, yang hasil GC-MS dapat dilihat pada Tabel 2.

Hasil analisis GC-MS asap cair *grade 2* menunjukkan bahwa terdapat senyawa fenol, karbonil dan asam yang terkandung dalam asap cair tersebut. Senyawa fenol memiliki 42,08%, senyawa asam memiliki 46,71% dan senyawa karbonil memiliki 2,22%. Senyawa fenol pada konsentrasi tertentu dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan dan manusia. Menurut Slamet *et al* (2005) Senyawa fenol dapat dikatakan aman dalam air baku minum adalah sebesar 0,002 mg/L. Pada penelitian ini senyawa fenol yang terkandung dalam asap cair *grade 2* sebesar 0,0312 mg/L, sehingga asap cair *grade 2* pada penelitian ini belum dapat diaplikasikan untuk pengawet pangan.

Terdapat beberapa senyawa yang terkandung dalam asap cair *grade 3* namun tidak terkandung dalam asap cair *grade 2*. Perbedaan komponen ini disebabkan karena perlakuan adsorpsi oleh zeolit dan destilasi. Proses adsorpsi oleh zeolit terhadap asap cair menyebabkan beberapa senyawa dalam asap cair teradsorpsi. Senyawa golongan karbonil yang teradsorpsi oleh zeolit menyebabkan asap cair menjadi lebih jernih dari pada sebelumnya.

Perbandingan hasil analisis asap cair *grade 3* dan *grade 2* menunjukkan bahwa didalam asap cair *grade 2* tidak terdapat senyawa berbahaya seperti senyawa 2-propanon dan 2-butanon yang sebelumnya terdapat pada asap cair *grade 3*. Menurut Ratnawati dan Hartanto (2010), senyawa 2-propanon dan 2-butanon merupakan senyawa yang berbahaya jika digunakan pada produk makanan karena dapat mengganggu kesehatan.

Analisis Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM)

Reapina (2007) menyatakan bahwa nilai KHM merupakan konsentrasi terendah dari suatu senyawa zat antibakteri dan antibakteri tersebut masih mampu menghambat bakteri dalam periode inkubasi tertentu. Nilai KBM merupakan konsentrasi terendah dari suatu senyawa zat antibakteri dan antibakteri tersebut masih mampu membunuh bakteri dalam periode inkubasi tertentu. Penelitian ini menggunakan metode

dilusi atau pengenceran dan dilakukan triplo. Menurut Reapina (2007), kelebihan dari metode dilusi cair adalah hasil yang didapatkan lebih akurat.

Bakteri uji yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri *E.coli* dan bakteri *S.aureus*. Menurut Prescott *et al* (2005) bakteri merupakan organisme prokariot yang memiliki struktur sel yang sederhana, yaitu terdiri dari sel, sitoplasma dan nukleoplasma. Berdasarkan struktur dinding sel, bakteri digolongkan menjadi dua, yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif.

Nilai KHM dan KBM didapat dari melihat pertumbuhan bakteri pada tabung reaksi yang berisi bakteri uji dan antibakteri dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Bakteri yang tumbuh dan mati dapat diamati dengan melihat selisih absorbansi dari sebelum inkubasi dengan sesudah inkubasi yang disebut dengan Δ Optical Density (OD). Hasil uji KHM untuk bakteri *E.coli* dan bakteri *S.aureus* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut :

Tabel 3. Hasil Uji KHM Terhadap Bakteri *E.coli*

No	Asap Cair	Rata-rata Absorbansi		Δ OD
		Sebelum Inkubasi	Sesudah Inkubasi	
0	0%	0,170	0,489	0,319
1	2%	0,115	0,435	0,320
2	4%	0,080	0,287	0,207
3	6%	0,066	0,052	-0,014
4	8%	0,058	0,050	-0,008
5	10%	0,049	0,042	-0,007

Tabel 4. Hasil Uji KHM Terhadap Bakteri *S.aureus*

No	Asap Cair	Rata-rata Absorbansi		Δ OD
		Sebelum Inkubasi	Sesudah Inkubasi	
0	0%	0,164	0,861	0,697
1	2%	0,155	0,799	0,644
2	4%	0,148	0,764	0,616
3	6%	0,136	0,116	-0,020
4	8%	0,125	0,094	-0,031
5	10%	0,107	0,070	-0,037

Pada Tabel 3 dan 4 tersebut terdapat Δ OD yang bernilai positif yaitu pada tabung dengan nomor 0, 1 dan 2. Hal ini menunjukkan bahwa pada tabung uji tersebut masih terjadi pertumbuhan bakteri, yang ditunjukkan dengan adanya peningkatan absorbansi setelah masa inkubasi. Selanjutnya pada tabung nomor 3,4 dan 5 terdapat Δ OD yang bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa pada tabung tersebut pertumbuhan bakteri terhambat, yang ditunjukkan dengan terjadinya penurunan absorbansi setelah masa inkubasi.

Hasil uji KHM pada bakteri *E.coli* dan bakteri *S.aureus* adalah sama yaitu pada konsentrasi 6%. Hasil ini didapat dengan melihat konsentrasi terkecil dari asap cair yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Data hasil uji KHM selanjutnya dianalisis dengan menggunakan uji One Way Analysis of Varians (ANOVA). Pengujian One Way ANOVA dilakukan menggunakan tingkat keyakinan 95% dan $P \leq 0,05$. Hasil uji menunjukkan untuk bakteri *E.coli* dan *S.aureus* bahwa pemberian variasi konsentrasi pada asap cair (0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%) memberikan pengaruh terhadap absorbansi Δ OD ditunjukkan dengan nilai signifikasi yaitu 0,000 ($P \leq 0,05$).

Uji KBM dilanjutkan pada tabung nomor 3,4 dan 5 (tabung yang mengalami penurunan Δ OD. Hasil uji KBM terhadap bakteri *E.coli* dan bakteri *S.aureus* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 berikut :

Tabel 5. Hasil Uji KBM Terhadap Bakteri *E.coli*

No Tabung	Asap Cair	Δ OD Uji KHM	Absorbansi Uji KBM
3	6%	0,014	0,603
4	8%	0,008	0,604
5	10%	0,007	0,659

Tabel 6. Hasil Uji KBM Terhadap Bakteri *S.aureus*

No Tabung	Asap Cair	Δ OD Uji KHM	Absorbansi Uji KBM
3	6%	0,020	1,075
4	8%	0,031	1,022
5	10%	0,070	1,070

Hasil uji KBM pada kedua bakteri uji menunjukkan peningkatan absorbansi pada semua tabung uji yang dilihat dari perbandingan ΔOD uji KHM dengan absorbansi uji KBM. Meningkatnya absorbansi pada semua tabung uji menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan bakteri. Pertumbuhan bakteri ini disebabkan karena antibakteri tidak dapat membunuh bakteri namun hanya menghambat pertumbuhan bakteri atau disebut dengan aktivitas bakteriostatik.

Hasil analisis KHM dan KBM menggunakan asap cair sebagai antibakteri menunjukkan bahwa asap cair memiliki aktivitas bakteriostatik. Aktivitas bakteriostatik yang ada pada asap cair tersebut disebabkan karena adanya senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Menurut Sukiman (2006) asam, fenolat dan karbonil memiliki peran sebagai penghambat pertumbuhan bakteri dan aman bagi pangan. Hasil analisis GC-MS menunjukkan di dalam asap cair *grade 2* terdapat komponen senyawa asam, karbonil dan fenol. Kombinasi dari ketiga senyawa tersebut berkerja secara sinergis dalam menghambat pertumbuhan suatu bakteri.

Adanya senyawa fenol dan derivatnya menyebabkan rusaknya membran sel bakteri. Volk dan Wheeler (1998) mengatakan bahwa senyawa fenol akan merusak membran sitoplasma sehingga menyebabkan bocornya membran metabolit penting, hal ini menyebabkan sistem enzim pada suatu bakteri menjadi tidak aktif. Rusaknya membran metabolit dapat menyebabkan ion organik nukleotida koenzim dan asam amino mengalir keluar sel bakteri. Adanya kerusakan dalam membran sitoplasma menyebabkan bahan-bahan penting tidak dapat masuk kedalam sel, hal ini menyebabkan terganggunya sistem pertumbuhan bakteri dan bahkan dapat menyebabkan kematian.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat 11 senyawa dari golongan fenol, karbonil dan asam yang terkandung dalam asap cair tandan kosong sawit *grade 2*. Asap cair TKKS *grade 2* memiliki sifat bakteriostatik yang ditunjukkan dari nilai KHM yang didapat yaitu sebesar

6%. Senyawa yang berperan aktif sebagai antibakteri pada asap cair adalah senyawa fenol dan asam asetat. Asap cair *grade 2* pada penelitian ini memiliki kadar fenol sebesar 0,0312, sehingga belum dapat diaplikasikan sebagai pengawet pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bridgwater, A.V., 2004, Biomass fastpyrolysis, Thermal Science.
- Dewi, F. K., 2010, Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia*. Linnaeus) terhadap Bakteri Pembusuk Daging Segar, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, (Skripsi).
- Fachraniah ; Zahra, F dan Zahratur, R., 2009, Peningkatan Kualitas Asap Cair Dengan Distilasi, *J.Of.Sci.en.and.Tech.* Politeknik Negeri Lhokseumawe. Jurusan Teknik Kimia.
- Harianti, T., 2011, Karakterisasi Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit Yang Diadsorbsi Dengan Zeolit Teraktivasi Asam, Universitas Tanjungpura Pontianak, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia, Pontianak, (Skripsi).
- Irianto, K. 2007. Mikrobiologi, Menguak Dunia Mikroorganisme. Yrama Widya. Bandung.
- Lestari. D., 2010, Kajian Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Dari Berbagai Negara, Proseding National Kimia dan Pendidikan Kimia.
- Novita, S.A., 2011, Kinerja dan Analisis Tekno-Ekonomi Alat Penghasil Asap Cair Dengan Bahan Baku Limbah Pertanian, Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang, (Artikel).
- Nuryanto, E., 2001, Isolasi dan Degradasi Lignin Dari Lindi Hitam Pulp Tandan Kosong Sawit Secara Kimia, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Prananta, J., 2008, Pemanfaatan Sabut dan Tempurung Kelapa serta Cangkang Sawit untuk Pembuatan Asap Cair sebagai Pengawet Makanan Alami, Universitas Malikussaleh Lhokseumawe, (Skripsi).
- Pratiwi W D. 2008. Coastal settlement planning to respond the risk of sea-level rise: Localadaptive capacity.

- Paper presented in International Symposium on Climate Change and Human Settlement.
- Prescott, *et al.* 2005. Microbiology Sixth Edition. Amerika: Mc Graw Hill Companier.
- Ratnawati dan Hartanto, S., 2010, Pengaruh Suhu Pirolisis Cangkang Sawit Terhadap Kuantitas Dan Kualitas Asap Cair, *J.Indo.Journ.Of.Materi.Science*, Vol. 12, No.1, ISSN : 1211-1098.
- Reapina, E., 2007, Kajian Aktivitas Antimikroba Ekstrak Kulit Kayu Mesoyi (*Cryptocarya massoia*) Terhadap Bakteri Patogen dan Pembusuk Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor, (Skripsi).
- Saputra, R., 2006, Pemanfaatan Zeolit Sintesis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri, Paper.
- Sukiman, D., 2006, Pembelajaran Mikro, UPI Press. Bandung.
- Tirtodiharjo, M.K., 2011, Strategi Mengatasi Bacteria Yang Resisten Terhadap Antibiotik, Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Fakultas Farmasi Universitas Gajah Mada. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Triyudianto, H dan Purnama, D., 2008, Teknologi Pemanfaatana Limbah Pertanian : Asap Cair Dari Cangkang Sawit, Universitas Gajah Mada, Fakultas Teknologi Pertanian, Yogyakarta.
- Volk and Wheeler, 1998, Mikrobiologi Dasar, (alih bahasa), Soenarto, A., Erlangga, Surabaya.
- Widiastuti, H dan Panji, T., 2007, Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sisa jamur merang (*Volvariella volvacea*) (TKSJ) sebagai pupuk organik pada pembibitan kelapa sawit, *Menara Perkebunan* 75(2): 70–79.
- Yuanita, D., 2009, Hidrogenasi Katalitik Metil Oleat Menjadi Stearil Alkohol Menggunakan Katalis Ni/Zeorit Alam, Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY.