

KARAKTERISTIK EMISI *BLACK CARBON* (BC) DARI PEMBAKARAN TERBUKA JERAMI PADI DAN DAMPAK TERHADAP KUALITAS UDARA AMBIEN

Hafidawati

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Riau

E-mail: afi.waldi@gmail.com

ABSTRACT

Crop residue open burning contribute the emission of Short lived Climate Forces (SLCF) pollutants thereby threat to global climate change. One of the them is Black carbon (BC). BC is estimated to be the second most potential greenhouse warming agent after Carbon Dioxide (CO₂). In Cianjur district, West Java, open burning in the paddy field is common way to eliminate rice residues after harvesting. The main objective of this study was to assess the concentration of BC in ambient air from open burning of rice straw in Cugenang District, as well as assess the effect of the combustion efficiency of the emission BC. Experiment were conducted in District Cugenang at 8 studies sites for irrigated paddy field were carried out for eight varieties paddy (Mekongga, Cintanur, Ciherang, Hibrida, Lepar, Inul, Sarangue, Pandan wangi). The minivol sampler (5 Lpm) were used for PM_{2.5} sampling and smoke stain reflektometer EEL were used for analysis Black Carbon. BC concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in the eight fields burning experiments reported at 25°C, 1 atmosphere. The assess results, show that the net burn smoke of Black Carbon in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ averaged 85.91±2.26. The highest emissions came from the burning of hybrid varieties with a combustion efficiency of 93.1%. Black Carbon emissions are influenced by the efficiency of combustion, where combustion with flamming phase (> 90%) give higher emissions.

Keywords: BC emission, rice straw, open burning, global warming, SLCF.

PENDAHULUAN

Pembakaran terbuka limbah pertanian merupakan sumber utama emisi aerosol yang memberikan kontribusi terhadap pemanasan global. Black Carbon (BC) yang berasal dari pembakaran terbuka biomassa berkontribusi sebesar 12-21% dari total pemanasan global. Salah satu limbah pertanian yang dibakar secara terbuka setelah panen adalah limbah jerami padi. Padi adalah tanaman pokok di Indonesia yang setiap tahun terjadi kenaikan produksi untuk memenuhi permintaan. Data dari Direktur Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian, 2016 menunjukkan kenaikan produksi padi 2016, Pulau Jawa sebanyak 1,22 juta ton, sedangkan luar Pulau Jawa 2,52 juta ton dengan produksi padi bervariasi dapat mencapai 12-15 ton per hektar satu kali panen, atau 4-5 ton per hektar kering tergantung pada lokasi dan jenis varietas tanaman yang digunakan (Ahmad dan Nashir 2008).

Kegiatan pembakaran terbuka secara intensif umumnya dilakukan selama musim kemarau ketika kondisi atmosfer stagnan (Tiparayom and Kim Oanh, 2007). Pembakaran jerami padi di sawah adalah salah satu pembakaran biomassa pertanian yang terpenting yang terbanyak dilakukan di Asia. Kegiatan ini menghasilkan emisi sejumlah aerosol ke udara yang menyebabkan fenomena atmosfer yang berimplikasi terhadap perubahan iklim regional seperti *Atmospheric Brown Clouds* (Kim Oanh, dkk., 2011).



Di negara-negara berkembang khususnya Indonesia, pembakaran residu pertanian sering terjadi di daerah pedesaan padat penduduk. Sebanyak 60 persen petani melakukan pembakaran jerami padi setelah panen (Adrian, dkk., 2011). Hal ini dapat memperburuk kualitas udara dan menimbulkan efek berbahaya bagi kesehatan manusia karena hasil pembakaran jerami padi memancarkan jenis partikel (*Partikulat Matter*) (Andreaea dan Merlet, 2001). Partikel tersebut mengandung banyak bagian senyawa-senyawa karbon (Liousse dkk, 1997). Dua jenis dari karbon dalam aerosol adalah *Organic Carbon (OC)* yang terutama menyebabkan penyebaran radiasi dan mendinginkan atmosfer dan senyawa lain yaitu *Elemental Carbon (EC)*, yang menyerap radiasi sinar matahari dan menghasilkan panas di atmosfer (Liousse dkk., 1996 ; IPCC, 2001; Menon dkk., 2002). Pembakaran jerami juga mengemisikan SLCPs (*Short Lived Climate Polutans*) dalam bentuk *Black Carbon (BC)* yang merupakan agen pemanasan global (Kanokkanjana, 2011). *Black Carbon* ini merupakan pencemar kontributor kedua terbesar setelah Karbon dioksida (CO_2) yang berkontribusi secara langsung dan tidak langsung terhadap perubahan keseimbangan radiasi di bumi yang memberikan dampak terhadap pemanasan global.

Emisi BC dari pembakaran jerami padi bersifat homogen yang terdispersi secara spasial dan temporal sehingga membutuhkan karakterisasi yang lebih baik. Tetapi saat ini masih sedikit penelitian yang dilakukan di Indonesia yang mengamati emisi BC dalam bentuk dari pembakaran terbuka limbah jerami yang terjadi setelah panen. Oleh karena itu penelitian ini ditujukan untuk menginvestigasi karakteristik emisi polutan yaitu BC dalam bentuk dari pembakaran jerami padi di lapangan dengan jenis varietas yang berbeda dengan mengambil studi kasus di daerah sentra produksi tanaman padi Indonesia yaitu di Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Tujuan selanjutnya adalah untuk menentukan karakteristik pembakaran dari pembakaran jerami padi. Studi ini akan menjadi informasi yang berguna tentang emisi polutan dari pembakaran biomassa pertanian terkait dengan manajemen kualitas udara khususnya pengendalian Short Lived Climate Polutans (SLCPs) dalam skala lokal ataupun regional. Hasil karakterisasi ini selanjutnya akan menjadi informasi dalam rangka pengembangan inventarisasi emisi BC dalam pembakaran limbah pertanian di Indonesia.

METODOLOGI

1. Lokasi dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei- Juli 2016 di Kabupaten Cianjur Jawa Barat sebagai lokasi pengambilan sampel dan analisis di laboratorium Kualitas Udara Program Studi Teknik Lingkungan ITB. Lokasi ini dipilih sebagai lokasi sampling karena Kabupaten Cianjur adalah salah satu penghasil padi terbesar di Indonesia dengan produksi sebesar 29.729 ton/pertahun (BPS Kabupaten Cianjur, 2017). Dari hasil survei diketahui bahwa di Kabupaten Cianjur, sebanyak 58 persen petani melakukan pembakaran jerami padi secara terbuka setelah panen berlangsung.

2. Prosedur sampling $\text{PM}_{2.5}$

a. Prosedur sampling ($\text{PM}_{2.5}$ CO dan CO_2) dan analisis emisi BC

Beberapa parameter yang dikumpulkan selama penelitian ini adalah Kondisi meteorologi (Temperatur, Kelembaban, Tekanan Udara, Arah dan Kecepatan angin), karakteristik pembakaran (lama pembakaran, emisi CO , CO_2). Peralatan-peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel *background*, kondisi meteorologi, pengambilan sampel $\text{PM}_{2.5}$ dari asap pembakaran jerami padi, dan analisis BC ditampilkan pada Tabel 1 dan gambarannya ditampilkan pada Gambar 2.



Tabel 1. Rincian peralatan dan metode sampling PM_{2.5} dan analisis BC

Parameter	Peralatan	Metode Analisis
PM _{2.5} (field)	Minivol Sampler	Metode Gravimetri
Wind	Hand Anemometer	
Temperature and Humidity	Thermo-Hydrometer,	
Frakasi Pembakaran	Timbangan	Metode Gravimetri
Black Carbon	smoke stain reflektometer	Metode optis



Gambar 2(a) Mini Volume (MiniVol) Portable Air Sampler
 2(b). Filter Teflon
 2(c) Stain Reflektometer

Prosedur sampling PM_{2.5} dan analisa emisi BC dilaboratorium

Persiapan Sampling

Percobaan pembakaran jerami secara terbuka dilakukan di kabupaten Cugenang, Kabupaten Cianjur merupkan salah satu sentra produksi padi di Jawa Barat dengan produksi beras dengan total produksi 29 ton / tahun (BPS, 2017). Eksperimen dilakukan untuk delapan varietas padi yang dikumpulkan dari tujuh lokasi di Kabupaten Cianjur Kabupaten Cugenang (Sukamanah, Giri Harja, Babakan Gunung, Panumbangan, Pangkalan Benjotdan Ranca Picung. Sampel jerami dikumpulkan pada grid 2,5 X 2,5 m². Sampling dilakukan asap dari pembakaran jerami panen padi pada Mei-Juli 2016 dengan 8 bidang membakar padi dipanen di Cianjur dengan 8 varietas.

Pengambilan Sampel

Eksperimen pembakaran dilakukan di sawah yang sudah panen dan mengikuti arahan petani membakar jerami pada Bulan April – Oktober 2015. Survei dilakukan terhadap 175 petani lokal dari tujuh desa di Kabupaten Cianjur Kabupaten Cugenang. Survei menunjukkan bahwa pembakaran jerami biasanya dilakukan pada hari ke 4-5 setelah panen dan aktifitas pembakarannya biasanya dilakukan pada jam 11:00-16:00. Bagian eksperimental adalah bagian yang dipanen oleh petani yaitu dengan memotong jerami atas jerami padi dan meninggalkan bagian bawah (tunggul) dan kemudian di letakkan di lokasi pembakaran. Pembakaran dilakukan mulai di tepi tumpukan melawan angin. Pembakaran dilakukan di tengah-tengah ladang pertanian dan jauh dari jalan lokal dan pemukiman.

Pada setiap percobaan lapangan pada masing-masing varietas padi dilakukan pengukuran kondisi latar belakang sampel sebelum pembakaran dilakukan. latar belakang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Untuk kepentingan komersial atau tujuan lainnya.

Dilarang menyalin, menduplikasi, atau menyebarkan karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Riau



Pengambilan sampel berlangsung selama 6-8 jam. pengukuran sampel asap dimulai segera setelah api menjadi stabil (membara) dan berlanjut sampai berhenti api. sampling kondisi latar belakang dimulai pada pukul 7:00-15:00 dan sampling asap dilakukan pada pukul 16:00 - 17:00. Perbedaan antara konsentrasi polutan dalam asap dan sampel latar belakang yang dikumpulkan dalam uji coba pembakaran dilapangan dianggap sebagai kontribusi bersih asap dari pembakaran jerami padi. Peralatan sampling ditempatkan pada dua titik yang melawan arah angin di setiap percobaan pembakaran pada jarak sekitar 5 m dari tepi area pembakaran, untuk menghindari kerusakan dari api dan panas. Semua peralatan diposisikan pada 1,5 m di atas tanah. Dua minivol sampler (untuk mengumpulkan PM_{2.5}) terletak sekitar 1-1,5 m dari satu sama lain. Pada jarak ini, minivol sampler dianggap cukup dekat untuk menangkap bagian yang sama dari polutan dari asap dan cukup jauh untuk meminimalkan gangguan inlet aliran. Ringkasan peralatan dan analitis metode yang digunakan disajikan pada Tabel 1. Semua peralatan dikalibrasi sebelum digunakan.

Tabel 1. Peralatan dan metode analitik

Parameter	Peralatan	Metode Analisis
PM _{2.5}	Minivol Sampler	Gravimetri
Wind	Hand Anemometer	
Temperature and Humidity	Thermo-Hydrometer,	
CO,	CO analyzer	NDIR
CO ₂	CO ₂ analyzer	Back Titration
Black Carbon	smoke stain reflektometer	Optis

Selama eksperimen pembakaran jerami di lapangan dilakukan juga pengukuran kondisi meteorology, konsentrasi CO dan CO₂ di udara ambien. Parameter meteorologi yang dipantau terdiri dari kecepatan angin, arah angin, suhu, tekanan, dan kelembaban. Pengukuran parameter ini dilakukan untuk melihat pengaruh kondisi meteorologi pada emisi BC. data kontinu dari CO / CO₂ analyzer digunakan untuk memperkirakan efisiensi pembakaran (*Modified Combustion Efisiensi*). Kedua alat CO analyzer dan CO₂ analyzer ditempatkan pada ketinggian tongkat panjang 1.5 meter dari sumber pembakaran. Peralatan pengukuran polutan untuk pemantauan kualitas udara terdiri dari minivol sampler untuk sampling BC dalam PM_{2.5} dan QuestAQ Suite Pro 5000 untuk sampling CO dan CO₂. Lama pengukuran yaitu dari awal pembakaran pada kondisi pembakaran membara sampai api mati.

Metode analisis Black Carbon.

Pengambilan sampel BC dari pembakaran jerami dilapangan dilakukan dengan menggunakan dua minivol sampler (Anderson 214 seri) pada filter teflon dengan laju aliran udara pada 5 Lpm, kemudian filter dianalisis dilaboratorium Kualitas udara Institut Teknologi Bandung. Selama waktu transportasi antara lapangan dan laboratorium, filter dikemas dan ditempatkan dalam sebuah kotak diman etiap filter dimasukkan ke dalam petri yang terpisah dan disimpan dalam kantong plastik kedap udara yang baik. Filter kemudian disimpan dalam desikator selama 1 hari di laboratorium sebelum dilakukan analisis konsentrasi BC. Filter kosong (blanko) diperlakukan dengan cara yang sama dan digunakan untuk koreksi hasil perhitungan konsentrasi.

Semua sampel filter dianalisis konsentrasi BC dengan menggunakan smoke stain reflectometer model 43D di Laboratorium Kualitas Udara Institut Teknologi Bandung. Analisis black carbon dilakukan dengan menggunakan reflectometer dengan metode optik yaitu dengan membandingkan transmisi cahaya melalui filter yang mengandung



partikel yang masih bersih (OECD, 1964). Udara diambil melalui saringan dan kemudian kepadatan partikel yang tertahan pada saringan diukur menggunakan reflectometer dimana densitas partikulat dapat dikonversi menggunakan kurva kalibrasi untuk mendapatkan konsentrasi massa BC dalam bentuk konsentrasi (mg / m³ BC).

Konsentrasi BC dari emisi asap dihitung sebagai persamaan berikut:
 Perhitungan berat karbon hitam per satuan luas filter

$$BC = 4,37638 \times [-\ln(\bar{R})] + 21,199 \tag{1}$$

Dengan : BC = berat karbon hitam per satuan luas filter (mg / m²); R = rata-rata pantulan

Perhitungan massa Black Carbon

$$M = C \times A_{filter} \tag{2}$$

Dengan : M = masa dari black carbon (g), A= filter = ½ filter area (m²)

Perhitungan kontribusi *black carbon terhadap PM_{2,5}*

$$K (\%) = \frac{C_{BC}}{C_{PM_{2,5}}} \times 100\% \dots\dots\dots \tag{3}$$

Keterangan:

C_{BC} = kontribusi massa *black carbon terhadap PM_{2,5}*

C_{PM_{2,5}} = konsentrasi *black carbon* (µg/m³)

= konsentrasi PM_{2,5} (µg/m³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

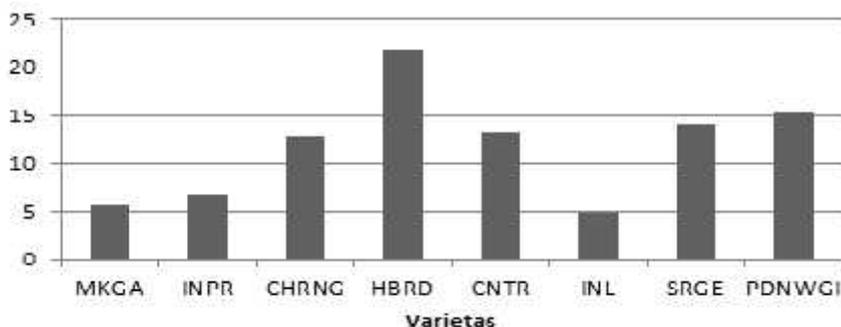
Karakteristik Emisi dan Kontribusi Emisi BC

Dalam penelitian ini dilakukan investigasi terhadap estimasi emisi BC dan karakteristik pembakaran jerami padi di lapangan untuk delapan jenis varietas padi (Mekongga, Inpari, Ciharang, Hibrida, Cintanur, Inul, Sarangue dan Pandan wangi). Estimasi konsentrasi BC dari pembakaran terbuka di sawah adalah target utama selain polutan lain seperti CO₂ dan CO untuk menentukan karakteristik pembakaran, termasuk kondisi meteorologi dan efisiensi pembakaran (Modified Combustion Efisiensi). Kondisi meteorologi yang dipantau adalah kecepatan dan arah angin, tekanan (P), suhu (T) dan kelembaban (RH). Hasil pengukuran kondisi meteorologi dan analisis karakteristik pembakaran (Efisiensi Pembakaran) ditampilkan pada Tabel 1. Perlunya ditentukan karakteristik pembakaran adalah untuk melihat pengaruh karakteristik pembakaran terhadap emisi ditinjau dari efisiensi pembakaran. Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pembakaran dominan pada fase smoldering (<90%). Semakin tinggi efisiensi (>90%) pembakaran berlangsung pada tahap flaming, yang menyebabkan emisi BC semakin besar. Emisi diukur dalam bentuk konsentrasi (mg / m³). Perbandingan konsentrasi BC dalam PM_{2,5} ditampilkan pada Gambar 2. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai konsentrasi BC sangat berfluktuasi dengan nilai rata-rata 64.054±15.22 dengan konsentrasi rata-rata maksimum 85.9 µg/m³ untuk varietas hibrida dan konsentrasi BC rata-rata yang rendah adalah 48.8 µg/m³ dari emisi pembakaran varietas mekongga. Dari hasil uji analisis konsentrasi rata-rata BC antar varietas jerami dalam pembakaran di lapangan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dengan nilai signifikansinya adalah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, pengajaran atau ilmiah, pengabdian masyarakat, dan lain-lain.
 b. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial, politik, atau lainnya.





Gambar. 3 Kontribusi BC dalam PM_{2.5} dari pembakaran jerami di lapangan

Kontribusi BC dalam PM_{2.5} yang diemisikan ke udara pada saat pembakaran jerami di lapangan berada dalam range 5.19 - 30.02 persen dengan nilai rata-rata sebesar 11.40 persen. Dari diagram terlihat bahwa kontribusi BC dalam PM_{2.5} terbesar adalah dari emisi pembakaran varietas hibrida yaitu sebesar 21.9 persen. Hal ini dapat dijelaskan bahwa kontribusi BC dari pembakaran varietas hibrida lebih tinggi daripada varietas lain karena dipengaruhi oleh kondisi pembakaran yang berlangsung pada kondisi menyala (*flaming*) dengan nilai MCE lebih besar dari 90 persen (93.1%). Dari Yokelson (2007) menyatakan bahwa BC akan lebih banyak diemisikan dari pembakaran terbuka biomassa dalam kondisi berapi/menyala (*flaming*).

Dampak Pembakaran Terbuka Black Carbon.

Kegiatan pembakaran telah diidentifikasi sebagai sebagai sumber emisi polutan di atmosfer yang menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan serta memberikan kontribusi terhadap degradasi kualitas udara lokal, regional, dan global (Jenkins *dkk.*, 1996 ; Femicux *dkk.*, 2004; Langmann *dkk.*, 2009).

Dampak terhadap Kesehatan manusia

Peningkatan konsentrasi BC dalam partikulat (PM_{2.5}) telah dikaitkan dengan peningkatan mortalitas dan dapat memberikan kontribusi untuk penurunan fungsi paru-paru (batuk, serangan asma), serta penyakit jantung. (Viana *dkk.*, 2008; Taylor, 2010). Partikel yang dihasilkan melalui pembakaran biomassa kurang dari 1 µm (diameter aerodinamis), yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena mereka dapat masuk ke sistem pernapasan (Jenkins *dkk.*, 1996). Partikel yang dihasilkan melalui pembakaran biomassa kurang dari 1 µm (diameter aerodinamis), yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena mereka dapat masuk ke sistem pernapasan (Jenkins *dkk.*, 1996)

Dampak terhadap Perubahan Iklim

Black carbon (BC) merupakan bentuk impuritas dari karbon hasil pembakaran sempurna bahan bakar fosil atau pembakaran biomassa dan merupakan substansi aerosol yang kaya akan carbon (Ramanathan dan Carmichael, 2008) yang bersumber dari bahan bakar fosil, kayu bakar, dan biomassa lainnya (WMO-UNEP, 2011).

BC merupakan komponen Partikulat 2.5 mikron (PM_{2.5}) yang paling kuat bersifat menyerap cahaya. Bice (2009) menyatakan bahwa penyerapan sinar matahari di atmosfer di atmosfer dan mengurangi albedo, kemampuannya untuk memantulkan sinar matahari dan diendapkan pada salju dan es (WMO-UNEP, 2011).

BC terakumulasi di atmosfer dalam waktu yang singkat yaitu hanya beberapa hari (hari) hingga beberapa minggu (1-4 minggu) (Shindell dan Paluvegi, 2009 ; Ramanathan, 2008). Mekanisme BC dalam mempengaruhi iklim membedakan BC dari gas lain yang memiliki waktu hidup yang panjang di atmosfer (*long-lived greenhouse gases*) seperti CO₂.



BC dapat ditentukan secara spesifik dalam bentuk padatan yang tersusun oleh karbon murni yang menyerap radiasi matahari pada semua panjang gelombang. BC lebih banyak ditentukan sebagai bagian dari komponen partikulat $PM_{2.5}$ dengan kontribusi sekitar 40% (Lestiani, 2007). BC selalu diemisikan bersamaan dengan gas-gas lain seperti O_2 , NO_x , dan OC (*organic carbon*). OC bersifat kurang reflektif, dominan merefleksikan cahaya matahari, dan merupakan *cooling agent* di atmosfer. (Bice *et.al.*, 2009).

Bice dkk (2009) menyatakan bahwa BC merupakan kontributor yang signifikan terhadap pemanasan global yang berperan dalam meningkatkan temperatur sebesar $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ atau sekitar 1/6 bagian dari total pemanasan global. Dibandingkan dengan CO_2 , BC lebih kuat menghangatkan atmosfer dimana satu gram BC yang menyebar dengan sangat cepat menghasilkan perubahan energi radiasi bumi yang sebanding dengan satu ton CO_2 . Lebih lanjut dari hasil penelitian ACTF (2013) dinyatakan bahwa BC memainkan peran yang unik di Kutub Utara karena berbagai pengaruh yang ada. Warna hitam dari karbon merupakan komponen aerosol atau partikel dengan sifat mempengaruhi iklim secara kuat. BC berkontribusi terhadap pemanasan Arktik baik dengan menyerap sinar matahari secara langsung di udara dan dengan mengendap pada salju dan es, yang pada gilirannya menyebabkan lebih lanjut pemanasan dan mencairkan es sehingga memberikan efek amplifikasi Arktik (ACTF,2013).

KESIMPULAN

Pembakaran jerami padi simulasi pembakaran dilapangan mengemisikan *Black Carbon* (BC) dengan nilai rata-rata terbesar $85.91 \pm 2.26\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kontribusi BC dalam partikulat yang diemisikan dari asap pembakaran jerami padi di lapangan adalah sebesar 14.4%. Emisi Black Carbon dipengaruhi oleh efisiensi pembakaran, dimana pembakaran dengan fase *flaming* (>90%) memberikan emisi yang lebih tinggi. Emisi tertinggi berasal dari pembakaran varietas Hibrida dengan efisiensi pembakaran sebesar 93.1%.

Efek dari pembakaaan jerami secara terbuka setelah panen memberikan dampak terhadap kesehatan manusia dan perubahan iklim. Terhadap kesehatan manusia menyebabkan terjadinya peningkatan mortalitas dan dapat memberikan kontribusi untuk penurunan fungsi paru-paru (batuk, serangan asma), serta penyakit jantung. (Viana *dkk.*, Taylor, 2010). Dampak terhadap perubahan iklim dari penelitian Bice dkk (2009) menyatakan bahwa BC merupakan kontributor yang signifikan terhadap pemanasan global berperan dalam meningkatkan temperatur sebesar $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ atau sekitar 1/6 bagian dari pemanasan global. BC juga berkontribusi terhadap pemanasan Arktik baik dengan menyerap sinar matahari secara langsung di udara dan dengan mengendap pada salju dan es (ACTF,2013).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, (2006). Manual EEL Smoke Stain Reflectometer, 2006 .
- S.K., Yokerson, R.J., Wiedinmyer, C., et al., (2010). Emission factors for open and domestic biomass burning for use in atmospheric models. Atmospheric Chemistry and Physics Discussion 10, 27
- Andreae, M.O., Merlet, P., (2011). Emissions of trace gases and aerosols from biomass burning. Global Biogeochemical Cycles 15, 955-966.
- Anonymous, (2009), Asian Biomass Handbook. The Japan Institut of Energy..
- William and Boyer,K. (2011). Methods for improving Global Inventories of Black Carbon and Organic Carbon Particulates. Thompson G.Pace, D205-01 U.S Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC 27711, pace.tom@epa.gov.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan umum.
2. Dilarang mengumbar, menyalin, memperbanyak, atau menyebarkan seluruh atau sebagian dari isi dan gambar yang terdapat dalam karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin Universitas Riau.

- mond, T.C, Streets. D.C, Klimont.Z.A. (2004). Technology base global inventory of black carbon emission from combustion. *Journal of Geophysical Research* 109, 2003.
- Christian, T.J., Kleiss, B., Yokelson, R.J., Holzinger, R., Crutzen, P.J., Hao, W.M., Saharjo, B.H., Ward, D.E., (2003). Comprehensive laboratory measurements of biomass-burning emissions: 1. Emissions from Indonesian, African, and other fuels. *Geophysical Research* 108, 4719e4732.
- Fushimi, K., Ono, K., Kajiura, M., Sudo, S., Yonemuro, S., Fushimi, A., Saitoh, K., Fujitani, Y., and Tanabe, K. (2014). Trace gas and particle emission from open burning of three cereal crop residues: increase in residue moistness enhances emissions of carbon monoxide, methane, and particulate organic carbon. *Atmospheric Environment* Vol 95 pp 36-44.
- Jenkins, B.M, Baxter. L.L. Miles, T.R., Miles. T.R..(1998). Combustion properties of Biomass. *Fuel Processing Technology* Vol 54 pp 17-46.
- Kim Oanh, N.T., Thuy, L.B., Tipayarom, D., Manandhar, D.R. Manandhar, D.R., Pongkiatkul, P., Simpson C.D. (2011). Characterization of Particulate Matter Emission from Open Burning of Rice Straw. *Atmospheric Environment* 456 (2011) 483-502.
- Latif, M.T., Othman, M.R. and Johnny, Z. (2006). Kajian Kualiti Udara di Bandar Kajang, Selangor. *Malaysian J. Anal. Sci.* 10: 275-284
- Lee, J.C, Lam .Y.F, Khlmann, G, Wenig. M.O. Chan K.I. (2013). An integrated approach to identify the biomass burning sources contributing to black carbon episodes in Hong kong. *Atmospheric Environment* Vol 80 pp 478-467
- Munthe, K, K, J. (2011). Short Lived Climate Forcers- method development for emission inventories of Black Carbon Identifying gaps and reducing uncertainties. Swedish Environmental Research Institute.
- Permatadani, D.A., (2013). Assessment of biomass open burning emissions Indonesia and potential climate forcing impact. *Atmospheric Environment* Vol 28 pp 250-258
- Reid, et al., (2004). A review Biomass burning emissions, part II: Intensive Physical properties of biomass burning particles. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussion* 4, 5135-5200.
- Santoso, M., Lestiani D.D., Hopke, P.K (2012). Atmospheric black carbon in PM 2.5 in Indonesian Cities. *Journal of the Air & waste* 63:9,1022-1025.
- Spiromsuk, S., Chantara.S., Tengjaroenkul,U., Prasitwattanaseree. (2013). Determiration of PM 10 and its ion composition emitted from biomass burning in the chamber for estimation of open burning emissions. *Chemospher* (2013) xxx
- Tipayarom, D, Kim Oanh, N.T., (2007). Black carbon a powerfull climate pollutan, International study, US-EPA.
- Tipayarom, D, Kim Oanh, N.T., (2007). Effect from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok Metropolitan Region. *Journal of Science Asia* 33 (3), 339-III45
- Yoshida, K., Hasegawa, S., Numata, O., Yazaki, S., (2000). Influence of emission from rice straw burning on bronchial asthma in children, *Pediatric* 42, 143-150
- Yuan, Y., Shao, M., Lin Y., Luan, S., Mao, N., Chen W. Emission Inventroy of Carbonaceous Pollutants from Biomass Burning in the Pearl River Delta Region, China (2011). *Atmospheric Environment* Vol 26 pp 189-199
- Yuan, Y., Obrist, D., Zielinska, B., Gertler, A. (2013). Particulate emissions from different type of biomass burning. *Atmospheric Environment* Vol 72 pp 27-35.



PEMANFAATAN SIMBIOSIS BAKTERI *Bacillus* sp. DAN MIKROALGA *Chlorella* sp. DALAM MENURUNKAN NILAI PENCEMARAN LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT

Yelmira Zalfiatri, Fajar Restuhadi dan Rizka Prasetyowati

Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kode Pos 28293

E-mail: zalfiatri@gmail.com

ABSTRACT

The purpose of this research was to get the best treatment between microalgae *Chlorella* sp. with some variations concentration of bacteria *Bacillus* sp. to reduce waste pollution of palm oil. This research used a Completely Randomized Design (CDR) with 5 treatments and 3 replications. The treatment used addition of microalgae *Chlorella* sp. as much 800ml/l of waste pollution palm oil with some variations concentration of bacteria *Bacillus* sp (0 ml/l, 0.5 ml/l, 1 ml/l, 2 ml/l, and 3 ml/l). Parameters were observed for the characteristics of waste pollution are pH, BOD, COD, TSS and Oil. The data obtained were analyzed statistically using anova and DNMR at 5%. The treatment chosen from the result of this research was the P4 treatment with addition microalgae 800 ml/l and concentration of bacteria *Bacillus* sp. 3 ml/l ($1,6 \times 10^5$ CFU/ml) showed the highest level of reduction which had the value of BOD 91,31 %, COD 76,02 %, Oil 85,71 % and TSS 93,93%.

Keywords: *Bacillus* sp., *Chlorella* sp., Waste pollution of palm oil

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Industri kelapa sawit merupakan salah satu sektor agroindustri yang menjadi salah satu andalan di Indonesia mengingat konsumsi minyak sawit dunia mencapai 26 persen dari total konsumsi minyak makan dunia (Ditjen PPHP, 2006). Menurut Ditjen Perkebunan Indonesia areal kelapa sawit di Indonesia mencapai 10,9 juta Ha dengan produksi 29,3 juta ton CPO sedangkan di Riau merupakan daerah yang memiliki lahan perkebunan sawit sebesar 2,30 juta Ha (Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2014).

Produksi minyak kelapa sawit membutuhkan air dalam jumlah besar. Satu ton minyak kelapa sawit menghasilkan 2,5 ton limbah cair, yaitu berupa limbah organik dari air kondensat rebusan 36% (150-175 kg/ton TBS), air *drab* klarifikasi 60% (150-175 kg/ton TBS) dan air hidrosiklon 4% (100-150 kg/ton TBS) (Ahuat, 2005). Industri kelapa sawit berkapasitas olah 60 ton tandan buah segar (TBS)/jam menghasilkan limbah cair sebanyak 42 m³ (Yuliasari *et al.* 2001).

Industri kelapa sawit memiliki dampak negatif terhadap lingkungan akibat pembuangannya limbah cair dari kegiatan pabrik. Potensi hasil industri yang tinggi akan menimbulkan dampak negatif dengan potensi limbah cair yang besar. Limbah cair berdampak negatif bagi lingkungan perairan karena kandungan zat organik tinggi.

Pemerintah melalui Kementerian Lingkungan Hidup telah mengeluarkan Peraturan Nomor Kep-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri dan salah satunya adalah untuk Industri Minyak Kelapa Sawit. Peraturan tersebut mengharuskan bahwa setiap industri kelapa sawit harus mengolah air limbah sampai standar yang diijinkan sebelum dibuang ke dalam badan air. Salah satu teknologi untuk

