

PENGARUH AKTIVASI FISIKA DAN KIMIA ARANG AKTIF BUAH BINTARO TERHADAP DAYA SERAP LOGAM BERAT KROM

(The Influence of Physical and Chemical Activation of Cerbera odollam Gaertn. Carbon on Chromium Adsorption)

Rosalina¹, Tun Tedja², Etty Riani² dan Sri Sugiarti²

¹Politeknik AKA Bogor, Jl. Pangeran Sogiri No. 283, Tanah Baru, Bogor, Indonesia

²Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

e-mail: rosalinahasan@yahoo.com

Naskah diterima 15 Januari 2016, revisi akhir 20 April 2016 dan disetujui untuk diterbitkan 29 April 2016

ABSTRAK. Arang aktif buah bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn.) berasal dari tumbuhan mangrove bintaro yang beracun dan banyak ditanam sebagai pohon peneduh kota. Bentuk buah bintaro menyerupai serabut kelapa dan memiliki kandungan lignin dan selulosa yang melebihi tanaman kelapa. Buah bintaro dikeringkan, dipotong dan dikarbonisasi pada temperatur 300 °C, 400 °C dan 500 °C serta diaktivasi secara fisika menggunakan uap air dan secara kimia menggunakan H₃PO₄ (5% & 10%) dan KOH (5% & 10%) pada temperatur 650 °C dengan waktu aktivasi 60 dan 90 menit. Analisis proksimat yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat dan daya serap iod serta uji kadar krom total dengan menggunakan AAS. Adsorpsi krom dilakukan dengan penambahan asam sulfat 4 N hingga pH 4 sebelum diolah dengan arang aktif buah bintaro. Hasil penelitian menunjukkan arang yang diaktivasi dengan KOH 5% dan waktu 60 menit mampu menghilangkan kadar kromium sebesar 99,474%.

Kata kunci: adsorpsi, aktivasi fisika dan kimia, arang aktif, buah bintaro, krom

ABSTRACT. *Cerbera odollam* Gaertn. activated carbon was derived from mangrove plant which is poisonous and planted as shade tree. The morphology of *Cerbera odollam* Gaertn. fruit is similar with coconut shell and the contains of lignin and cellulose is higher than coconut. *Cerbera odollam* Gaertn. fruit was dried, cut and carbonized at 300 °C, 400 °C and 500 °C. Then *Cerbera odollam* Gaertn. carbon was activated by physical steam activation and chemical activation, using H₃PO₄ (5% & 10%) and KOH (5% & 10%), at activation temperature 650 °C and activation time 60 and 90 minutes. Proximate analysis of *Cerbera odollam* Gaertn. carbon was carried out to determine moisture, volatile content, fly ash, fix carbon, ash content and iod adsorption, total chromium by using AAS. The result showed that activated carbon derived from *Cerbera odollam* Gaertn. fruit which was activated by KOH 5% at 60 minutes improved the chromium adsorption for about 99.474%.

Keywords: activated carbon, adsorption, *Cerbera odollam* Gaertn., chromium, physical and chemical activation

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan yang terus meningkat di Kota Bogor semakin memicu peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas perekonomian akibat urbanisasi. Oleh karena itu kebutuhan masyarakat akan Ruang Terbuka Hijau (RTH) sangat mendesak dikarenakan adanya dampak

langsung dari kegiatan ekonomi yang dilakukan oleh penduduk dan industri yang berakibat terjadinya pencemaran udara, air dan tanah.

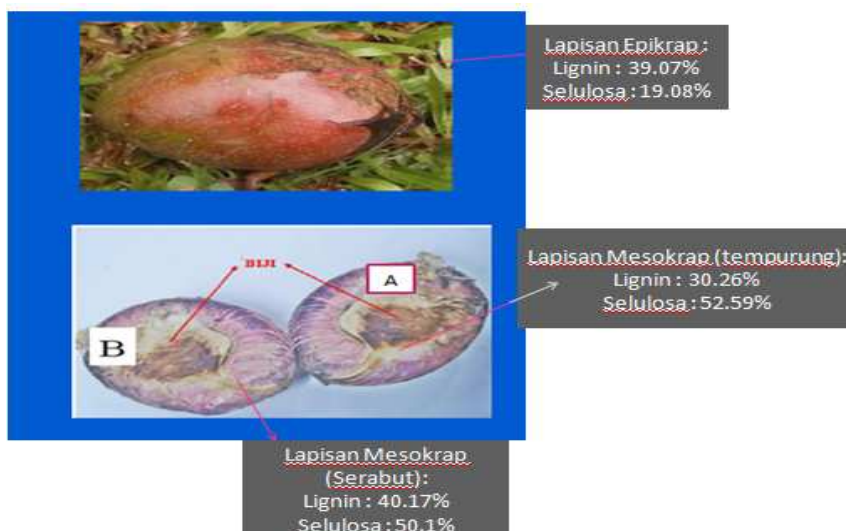
Jalur hijau Jalan Bogor Ring Road merupakan contoh ruang terbuka hijau yang cukup luas di Kota Bogor sehingga perlu dilakukan pengelolaan dan

pemeliharaan yang baik agar tetap terjaga kelestariannya. Di sisi lain, jalur hijau ini juga banyak menghasilkan sampah yang berupa sampah buah, ranting dan daun. Salah satu sampah yang banyak dihasilkan di jalur hijau Jalan Bogor Ring Road (Jalan Kol. Achmad Syam dan Jalan Destrata), kecamatan Bogor Utara adalah sampah buah bintaro. Menurut pengamatan penulis di tahun 2014 ada sekitar 100 buah pohon bintaro di jalur hijau Jalan Kol. Achmad Syam sampai ke Jalan Destrata Kota Bogor dengan potensi sampah buah bintaro yang jatuh sebanyak 3 buah per pohon per hari. Permasalahan yang ditimbulkan oleh sampah bintaro cukup kompleks karena buah bintaro dapat diterbangkan oleh angin sehingga akan masuk ke saluran drainase kota dan menyebabkan saluran drainase tersumbat dan berpotensi menimbulkan banjir di musim hujan.

Penanganan sampah buah bintaro dari jalur hijau ini belum optimal dikerjakan oleh dinas kebersihan dan pertamanan Kota Bogor. Penanganan masih bersifat konvensional yaitu dikumpulkan dan diangkut ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan sebagian lagi dibakar. Penanganan sampah dengan paradigma lama seperti di atas menjadikan sistem pengelolaan sampah menjadi mahal karena banyak membutuhkan bahan bakar sebagai alat transportasi, membutuhkan banyak personil untuk membersihkan, membutuhkan banyak lahan TPA untuk membuang sampah dan dari sisi ekonomi tidak mendatangkan manfaat ekonomi sama sekali. Salah satu cara untuk mengelola sampah buah bintaro ini adalah dengan mendaur ulang sampah buah bintaro menjadi arang aktif yang berguna untuk mengolah limbah logam berat krom. Pemilihan logam krom dikarenakan logam krom bersifat toksik dan banyak dihasilkan dari limbah industri tekstil, elektroplating dan laboratorium pengujian yang banyak terdapat di kota dan kabupaten Bogor.

Pohon Bintaro juga disebut *Pong-pong tree* atau *Indian suicide tree*, mempunyai nama latin *Cerbera odollam* Gaertn. atau *Cerbera manghas* Linn., termasuk tumbuhan non pangan atau tidak

untuk dimakan karena mengandung *cerberin* yaitu racun yang dapat menghambat saluran ion kalsium di dalam otot jantung manusia. Bintaro termasuk tumbuhan *mangrove* yang berasal dari daerah tropis di Asia, Australia, Madagaskar dan kepulauan sebelah Barat Samudera Pasifik. Buah Bintaro merupakan buah drupa (buah biji) yang terdiri dari tiga lapisan yaitu epikarp atau eksokarp (kulit bagian terluar buah), mesokarp (lapisan tengah berupa serat dan tempurung seperti sabut kelapa) dan endokarp (biji yang dilapisi kulit biji atau testa) seperti yang terlihat pada Gambar 1. Bintaro adalah tanaman yang cocok untuk tanaman penghijauan dan tanaman hias, selain relatif mudah ditanam dan mempunyai toleransi terhadap berbagai jenis tanah dan iklim, berakar kuat dan berdaun lebat serta ketika berbuah tanpa mengenal musim (Puslitbang Perkebunan, 2011). Walaupun beracun, bijinya mengandung minyak yang cukup banyak (54,33%) dan berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel dengan melalui proses hidrolisis, ekstraksi dan destilasi. Akan tetapi serabut dan tempurung buah bintaro dibuang tanpa dimanfaatkan. Oleh karena itu, diperlukan salah satu cara untuk mengolah serabut buah bintaro menjadi bahan baku alternatif karbon aktif pengganti tempurung kelapa. Buah bintaro mengandung sekitar 58,5% lignin dan 41,8% selulosa yang berpotensi sebagai bahan baku arang aktif karena merupakan polimer kompleks yang tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen. Selama ini, biji buah bintaro banyak diteliti sebagai minyak diesel dan menyisakan limbah yang berupa lapisan epikrap dan mesokrap (Yun, *et al.*, 2008). Berdasarkan uji pendahuluan buah bintaro, diperoleh data bahwa kedua lapisan mengandung lignin di kulit (epikrap) sebesar 39,57%, serabut (mesokrap) 40,17% dan tempurung (mesokrap) 30,26% sedangkan selulosa yang terdapat dalam kulit sebesar 19,08%, serabut 50,01% dan tempurung 52,59%.



Gambar 1. Lapisan epikarp, mesokrap dan biji dari buah bintaro

Arang adalah suatu elemen atau bahan padat berpori yang dihasilkan melalui proses pirolisis dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Pirolisis merupakan proses pembakaran tidak sempurna suatu bahan yang mengandung senyawa karbon kompleks tidak teroksidasi menjadi karbon dioksida (Prahas, 2008). Pada saat pirolisis, energi panas mendorong terjadinya oksidasi sehingga senyawa karbon yang kompleks sebagian besar terurai menjadi karbon atau arang (Demirbas, 2005). Industri arang aktif di Indonesia mulai berkembang sejak tahun 1980 dengan bahan baku utamanya tempurung kelapa. Beberapa sifat arang aktif dari tempurung kelapa antara lain adalah strukturnya sebagian besar mikropori, kekerasannya tinggi, mudah diregenerasi dan daya serap iodinya tinggi sebesar 1100 mg/g (Actech, 2002 dalam Pari, 2004). Namun, karena jumlah pohon kelapa yang semakin berkurang, kebutuhan arang aktif dalam negeri belum terpenuhi sehingga menyebabkan impor arang aktif dari luar juga meningkat dari 4.846.055 Kg dengan harga Rp. 6.774.325 pada tahun 2009 menjadi 5.444.834 Kg dengan harga Rp. 10.487.574 pada tahun 2011 (Kemenperin, 2011).

Penelitian ini secara umum bertujuan untuk mendapatkan teknologi pengolahan sampah buah bintaro menjadi arang aktif sebagai pengolah limbah logam

berat krom dari laboratorium. Adapun secara spesifik, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode aktivasi terbaik untuk pembuatan arang aktif dari sampah buah bintaro, mengetahui pengaruh aktivasi fisika dan kimia arang aktif terhadap kemampuan adsorpsi logam berat krom dan mendapatkan efisiensi terbaik pengolahan limbah krom laboratorium dengan arang aktif sampah buah bintaro.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2014 sampai dengan Januari 2015 yang dibagi ke dalam dua fase. Fase pertama adalah kegiatan yang meliputi proses pengarangan, pembuatan arang aktif dan analisis kualitas mutu produk yang dihasilkan yang diselesaikan dalam waktu 3 bulan. Fase kedua adalah aplikasi arang aktif dari sampah buah bintaro untuk mengolah limbah logam berat krom yang berasal dari laboratorium. Fase kedua dilaksanakan selama 2 bulan.

Bahan penelitian terdiri dari bahan untuk pengarangan, bahan untuk pembuatan dan analisis mutu arang dan arang aktif, serta bahan untuk aplikasi arang aktif. Bahan untuk pengarangan terdiri dari bahan baku arang berupa sampah buah bintaro yang sudah tua yang terdiri dari 85% lapisan mesokrap (tempurung dan serabut) dan lapisan

epikrap (3%) yang diperoleh dari jalur hijau di Jalan. Kol. Achmad Syam sampai Jalan Destrata, Bogor, Jawa Barat. Bahan utama yang digunakan untuk pembuatan arang aktif adalah arang hasil pengarangan sampah buah bintaro. Bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator yaitu larutan H_3PO_4 5% dan 10%, KOH 5% dan 10% serta uap air. Bahan kimia analisis mutu arang dan arang aktif adalah larutan iodin 0,1 N, serbuk $K_2Cr_2O_7$, larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N, larutan kanji 1%, larutan H_2SO_4 4N, larutan KI 10% dan aquades. Bahan untuk aplikasi arang aktif terdiri dari arang aktif dari sampah buah bintaro, limbah logam berat krom dari laboratorium Terapan Akademi Kimia Analisis Bogor, pereaksi COD, pereaksi BOD dan pereaksi krom.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan pengarangan, peralatan pembuatan arang aktif dan peralatan aplikasi arang aktif untuk mengolah limbah cair. Peralatan pengarangan terdiri dari komponen berupa Klin yang terbuat dari baja tahan karat yang dilengkapi dengan alat pemanas listrik, tiga kondesor dan dua buah labu penampung destilat. Arang dibuat selama 5 jam pada temperatur 300°C, 400 °C dan 500°C. dengan bahan baku sampah buah bintaro sebanyak 700 g pada setiap temperatur pengarangan. Peralatan untuk analisis mutu arang dan arang aktif antara lain neraca analitik, oven, cawan porselin, desikator, tanur, perangkat titrasi, dan peralatan gelas yang umum terdapat di laboratorium kimia, sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah SEM merk JEOL JSM-6360LA. Peralatan untuk pembuatan arang aktif dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peralatan pembuatan arang aktif

Peralatan aplikasi arang aktif untuk mengolah limbah cair yang digunakan antara lain Spektrofotometer Serapan Atom, reaktor COD, botol *Winkler*, inkubator, pH meter, multiparameter, turbidimeter, perangkat titrasi, botol semprot, neraca analitik dan peralatan gelas seperti gelas piala, gelas ukur, pipet volume, erlenmeyer dan pipet *mohr*.

Prosedur Penelitian

Lapisan mesokrap dan epikrap dari buah bintaro dipotong dengan ukuran 5-6 cm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 5 hari. Selanjutnya dilakukan pengarangan atau pirolisis pada temperatur 300°C, 400°C dan 500°C. Arang hasil pirolisis dengan temperatur terbaik dilakukan analisis terhadap mutunya meliputi kadar abu, kadar air, *fix carbon*, zat terbang dan daya serap iod. Selanjutnya dilakukan tahap aktivasi arang dengan metode aktivasi kimia yaitu arang direndam dengan bahan kimia selama 24 jam, disaring, dicuci dan dikeringkan. Aktivasi arang dilakukan pada temperatur 650°C dengan menggunakan uap air, KOH (5% dan 10%) dan H_3PO_4 (5% dan 10%) selama 60 dan 90 menit. Arang yang sudah aktif atau arang aktif selanjutnya diaplikasikan pada limbah cair krom yang berasal dari laboratorium. Analisis limbah cair meliputi parameter pH, BOD, COD, TDS, Keekeruhan dan logam krom (Prahas, 2008).

Karbonisasi Arang

Arang dikarbonisasi pada temperatur 300°C, 400°C dan 500°C. Menurut Demirbas (2005), pada temperatur 300°C akan terjadi penguraian hemiselulosa dan selulosa menjadi larutan pirolignat (asam organik dengan titik didih rendah seperti asam asetat, formiat dan metanol), gas kayu (CO dan CO_2) dan sedikit ter. Temperatur 400°C dipilih karena pada temperatur tersebut akan terjadi proses depolimerisasi dan pemutusan ikatan C-O dan C-C. Pada kisaran temperatur ini selulosa akan terdegradasi, lignin mulai terurai menghasilkan ter, larutan pirolignat dan gas CO , CH_4 dan H_2 meningkat. Sedangkan karbonisasi pada temperatur

500°C akan terjadi penguraian lignin dan terbentuknya lapisan aromatik.

Proses Adsorpsi Limbah Cair Laboratorium

Proses adsorpsi limbah cair laboratorium dilakukan dengan dosis 1% yaitu 1 g arang aktif yang sudah dihaluskan, diayak dan lolos saringan 100 mesh dimasukkan dalam 100 liter limbah. Pemilihan dosis ini dilakukan karena pada penelitian sebelumnya yang menggunakan dosis 0,5 g tidak menghasilkan adsorpsi di atas 50%. Selanjutnya campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* pada kecepatan 120 rpm selama 1(satu) jam pada temperatur kamar dan setelah itu di saring dengan kertas saring *Whatman* no. 42.

Analisis Arang dan Arang Aktif

Untuk mengetahui kualitas fisiko-kimia dari arang dan arang aktif dilakukan pengujian meliputi rendemen (SNI 06-3730-95), kadar air (SNI 06-3730-95), kadar zat mudah menguap/*fly ash* (SNI 06-3730-95), kadar abu (SNI 06-3730-95), kadar karbon terikat/*fix carbon* (SNI 06-3730-95) dan daya serap terhadap iodium (SNI 06-3730-95). Hasilnya kemudian

dibandingkan dengan SNI 06-3703-1995 tentang kualitas arang aktif. Analisis menggunakan SEM (*Scanning Electron microscopy*) dilakukan pada arang aktif dengan persentase *removal* krom tertinggi dan terkecil.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa semakin tinggi temperatur karbonisasi maka semakin besar rendemen arang yang dihasilkan. Hal yang berbeda terjadi pada arang aktif, persentase rendemen yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin lama waktu aktivasi, persentase rendemen yang dihasilkan akan semakin kecil. Rendemen arang berkisar antara 39,47-39,86%, rendemen tertinggi arang tercapai pada temperatur karbonisasi 500°C. Adapun rendemen arang aktif berkisar antara 21,43–55,71%. Rendemen arang aktif tertinggi dicapai dari arang yang diaktivasi KOH 5% selama 60 menit (Tabel 1). Penurunan persentase rendemen pada saat aktivasi terjadi karena kadar abu pada arang yang sedang diaktivasi dengan waktu aktivasi yang lebih lama akan

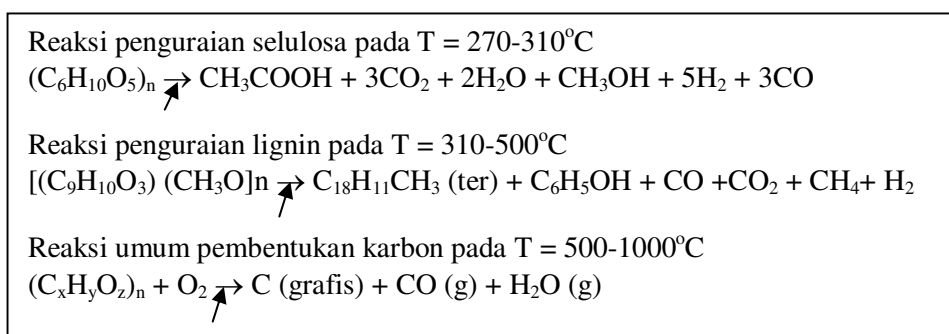
Tabel 1. Persentase rendemen arang dan arang aktif

Sampel Arang	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Rendemen (%)
300°C	700	276	39,47
400°C	700	278	39,71
500°C	700	279	39,86
Aktif uap air, t = 60 menit	70	28	40,00
Aktif uap air, t = 90 menit	70	17	24,29
Aktif H ₃ PO ₄ 5%, t = 60 menit	70	25	35,71
Aktif H ₃ PO ₄ 5%, t = 90 menit	70	23	32,86
Aktif H ₃ PO ₄ 10%, t = 60 menit	70	30	42,86
Aktif H ₃ PO ₄ 10%, t = 90 menit	70	24	34,29
Aktif KOH 5%, t = 60 menit	70	39	55,71
Aktif KOH 5%, t = 90 menit	70	30	42,86
Aktif KOH 10%, t = 60 menit	70	28	40,00
Aktif KOH 10%, t = 90 menit	70	15	21,43

banyak keluar dan yang tertinggal pada arang aktif menjadi lebih sedikit, fakta ini berkebalikan dengan yang terjadi pada arang. Kadar abu pada arang dengan temperatur karbonisasi yang semakin rendah akan semakin tinggi sehingga rendemen akan semakin besar. Tahap karbonisasi dilakukan pada rentang temperatur 300-500°C karena pada rentang temperatur tersebut terjadi penghilangan air dan zat-zat volatil lainnya sehingga menjadi dasar terbentuknya porositas pada karbon atau terbukanya pori-pori karbon (Marsh, *et al.* 2006). Adapun reaksi penguraian karbon pada berbagai rentang temperatur dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil analisis proksimat arang yang dibuat

pada tiga temperatur karbonisasi berbeda dan arang aktif yang diaktivasi dengan 3 cara dapat dilihat pada Tabel 2. Analisis proksimat dari arang dan arang aktif meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang (*fly ash*) dan kadar karbon terikat (*fix carbon*). Hasil analisis dibandingkan dengan SNI kualitas arang aktif.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar air untuk arang yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 10% dan KOH 10% melebihi kadar air yang dipersyaratkan yaitu maks. 15%. Hal ini disebabkan pada proses penggilingan, pengayakan dan penyimpanan terlalu banyak bersentuhan dengan udara terbuka.



Gambar 3. Reaksi penguraian karbon

Tabel 2. Hasil analisis proksimat arang dan arang aktif

Sampel Arang	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Terbang (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Daya Serap Iod (mg/g)
300°C	7,856	9,659	1,265	89,076	881,980
400°C	7,632	8,713	0,967	90,321	900,195
500°C	5,972	8,655	0,805	90,541	908,862
Aktif uap air, t = 60 menit	14,783	28,675	0,639	70,686	921,286
Aktif uap air, t = 90 menit	12,212	21,271	0,831	77,899	963,898
Aktif H ₃ PO ₄ 5%, t = 60 menit	12,641	18,538	0,833	80,629	915,794
Aktif H ₃ PO ₄ 5%, t = 90 menit	14,811	16,240	0,826	82,933	938,856
Aktif H ₃ PO ₄ 10%, t = 60 menit	16,309	67,950	0,554	31,497	886,253
Aktif H ₃ PO ₄ 10%, t = 90 menit	16,611	55,377	0,817	43,807	899,144
Aktif KOH 5%, t = 60 menit	12,547	18,225	0,387	81,388	895,835
Aktif KOH 5%, t = 90 menit	12,343	30,928	0,955	68,117	888,234
Aktif KOH 10%, t = 60 menit	15,028	17,738	1,033	81,229	994,974
Aktif KOH 10%, t = 90 menit	15,708	36,906	0,978	62,116	877,657
SNI 06-3703-1995	Maks. 15	Maks. 10	Maks. 2,5	Min. 65	Min. 750



Gambar 4. Hasil uji kualitatif adsorpsi krom menggunakan arang aktif KOH 5% dengan waktu aktivasi 60 menit

Menurut Yakout & Sharaf El-Deen (2011), kadar air arang aktif dipengaruhi oleh sifat higroskopis arang aktif, jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, penggilingan dan pengayakan. Untuk kadar abu, semua arang aktif tidak memenuhi standar mutu arang aktif yang baik (maks. 10%).

Kadar abu yang paling tinggi terdapat pada arang yang diaktivasi dengan H_3PO_4 10% selama 60 menit sebesar 67,95%. Tingginya kadar abu dari arang aktif disebabkan kurang bersihnya proses pencucian setelah diaktivasi kimia dengan H_3PO_4 10%. Hasil penelitian Pari (2004), menunjukkan pemakaian bahan kimia sebagai bahan pengaktif seringkali mengakibatkan pengotoran pada arang aktif yang dihasilkan. Umumnya aktivator meninggalkan sisa-sisa yang tidak diinginkan, misalnya oksida yang tidak larut dalam air pada waktu pencucian.

Kadar zat terbang semua arang aktif memenuhi standar SNI (maks. 2,5%). Adapun kadar zat terbang tertinggi dihasilkan oleh arang yang diaktivasi dengan KOH 10% selama 60 menit sebesar 1,033%. Tingginya kadar zat terbang dikarenakan semakin tinggi konsentrasi zat pengaktivasi yang menyebabkan semakin sedikit nitrogen dan sulfur yang terbakar pada temperatur $950^\circ C$ (Gomez-Serrano, *et al.*, 2005). Kadar karbon terikat yang tidak memenuhi standar SNI (min. 65%) adalah arang yang diaktivasi H_3PO_4 10% (31,497%) selama 60 menit, H_3PO_4 10% (43,807%) selama 90 menit serta KOH 10% (62,116%) selama 90 menit. Rendahnya kadar karbon terikat

disebabkan karena terlalu tingginya kadar abu dari arang aktif tersebut. Menurut Jaguribe, *et al.* (2005), kadar karbon terikat yang baik sebagai bahan baku arang aktif berkisar antara 70-80%. Untuk daya serap iod semuanya memenuhi standar SNI (min. 750 mg/g).

Daya serap iod tertinggi dihasilkan oleh arang aktif yang diaktivasi KOH 10% selama 60 menit sebesar 994,974 mg/g dan terendah dihasilkan oleh arang yang diaktivasi KOH 10% selama 90 menit sebesar 877,657 mg/g. Daya serap karbon aktif terhadap larutan iodin mengindikasikan kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah. Hal ini terjadi karena kadar abu arang aktif yang diaktivasi dengan KOH 10% selama 60 menit lebih rendah dibandingkan dengan arang aktif yang diaktivasi dengan KOH 10% selama 90 menit sehingga mempengaruhi besarnya daya serap iodium yang diaktivasi dengan KOH 10% selama 60 menit. Kadar abu yang tinggi mengakibatkan banyaknya pori-pori arang aktif yang tertutup dengan abu sehingga mempengaruhi daya serap iod.

Berdasarkan hasil analisis proksimat maka diketahui bahwa arang yang mempunyai rendemen tinggi dan kualitas yang baik adalah arang yang dikarbonisasi pada temperatur $500^\circ C$. Selanjutnya dilakukan aktivasi dengan 2 (dua) cara yaitu: (1) fisika dengan menggunakan panas dan uap air, dan (2) kimia dengan menggunakan asam fosfat (5% dan 10%) dan KOH (5% dan 10%) selama 60 dan 90 menit. Berdasarkan hasil analisis

proksimat arang aktif maka dapat diketahui bahwa tidak ada arang aktif yang memenuhi keseluruhan persyaratan SNI kualitas arang aktif sehingga semua arang aktif diujicobakan pada pengolahan limbah cair laboratorium. Hasil analisis limbah cair laboratorium menunjukkan bahwa limbah cair mengandung krom sebesar 2,15 µg/mL dengan pH awal 6,33. Selanjutnya dilakukan pengaturan pH dengan menambahkan H₂SO₄ 4N sehingga pH = 4. Hal ini dilakukan karena setelah diujicobakan secara kualitatif pada pH netral (pH = 6,33), asam (pH = 4) dan basa (pH = 9), ternyata yang bisa menjernihkan limbah cair adalah limbah yang dikondisikan pada pH = 4 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Menurut Tang, *et al.* (2000), pengolahan krom sangat tergantung terhadap pH, waktu kontak konsentrasi awal limbah, temperatur dan dosis adsorben. Oleh karena itu selanjutnya pengolahan limbah cair laboratorium dilakukan pada kondisi pH = 4. Adapun hasil analisis limbah cair dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil analisis limbah cair laboratorium yang dilakukan maka diketahui bahwa untuk parameter pH, TDS, BOD dan COD telah memenuhi standar baku mutu lingkungan (BML) sesuai standar PERMENLH No.5 Tahun

2014 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan industri. Adapun untuk parameter kekeruhan yang paling keruh adalah arang yang diaktivasi dengan H₃PO₄ 10% selama 60 menit yaitu sebesar 55,9 NTU karena mempunyai daya serap iodium yang paling rendah (886,253 mg/g) dan kadar abu yang paling besar (67,950%). Sedangkan untuk pengolahan logam krom yang tidak memenuhi standar BML (0,5 µg/mL) adalah arang yang diaktivasi dengan KOH 10% selama 60 menit yaitu 1,83 µg/mL, aktivasi uap air selama 90 menit yaitu 1,74 µg/mL, aktivasi H₃PO₄ 10% selama 60 menit yaitu 1,67 µg/mL, aktivasi KOH 5% selama 90 menit yaitu 0,89 µg/mL dan aktivasi KOH 10% selama 90 menit yaitu 1,83 µg/mL. Arang aktif yang paling efektif untuk menurunkan kadar krom total adalah arang yang diaktivasi dengan KOH 5% selama 60 menit dengan kadar krom sebesar 0,01 µg/mL.

Setelah dibandingkan dengan baku mutu limbah cair, selanjutnya dilakukan penghitungan persentase *removal* logam berat krom dengan menggunakan Persamaan 1. Co adalah konsentrasi awal krom total (µg/mL) dan Ca adalah konsentrasi akhir krom total (µg/mL).

$$\% \text{ removal krom} = \frac{Co - Ca}{Co} \times 100\% \dots(1)$$

Tabel 3. Analisis kualitas limbah cair laboratorium

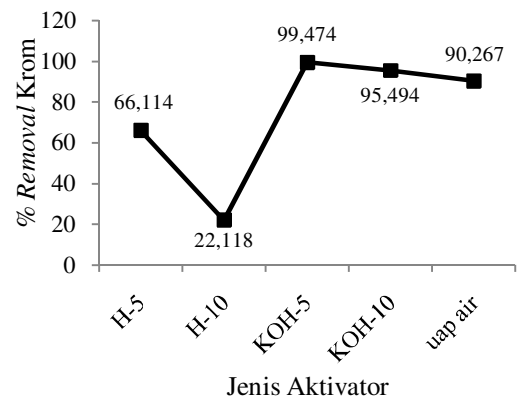
Limbah/ Aktivator	Waktu Aktivasi (menit)	pH	BOD (ppm)	COD (ppm)	TDS (ppm)	Kekeruhan (NTU)	Logam Krom (µg/mL)
Limbah krom	-	4,00	18,82	52,67	352	11,60	2,15
Arang aktivasi (H ₃ PO ₄ 5%)	60	7,18	3,88	71,21	669	34,80	0,73
	90	7,78	3,60	39,89	815	3,58	0,44
Arang aktivasi (H ₃ PO ₄ 10%)	60	7,03	6,14	40,25	1162	55,90	1,67
	90	7,93	3,39	23,68	972	7,19	0,09
Arang aktivasi (KOH 5%)	60	7,15	3,21	40,24	945	1,35	0,01
	90	7,87	2,25	39,89	810	1,28	0,89
Arang aktivasi (KOH 10%)	60	7,28	1,95	55,73	1282	4,43	0,10
	90	9,07	2,63	31,01	1619	1,42	1,83
Arang aktivasi (H ₂ O)	60	8,30	4,05	61,92	1274	1,51	0,21
	90	9,04	2,16	56,10	1392	1,46	1,74
Standar*	-	6-9	50	100	2000	-	0,50

* PERMENLH No.5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi usaha/kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah yang ditetapkan.

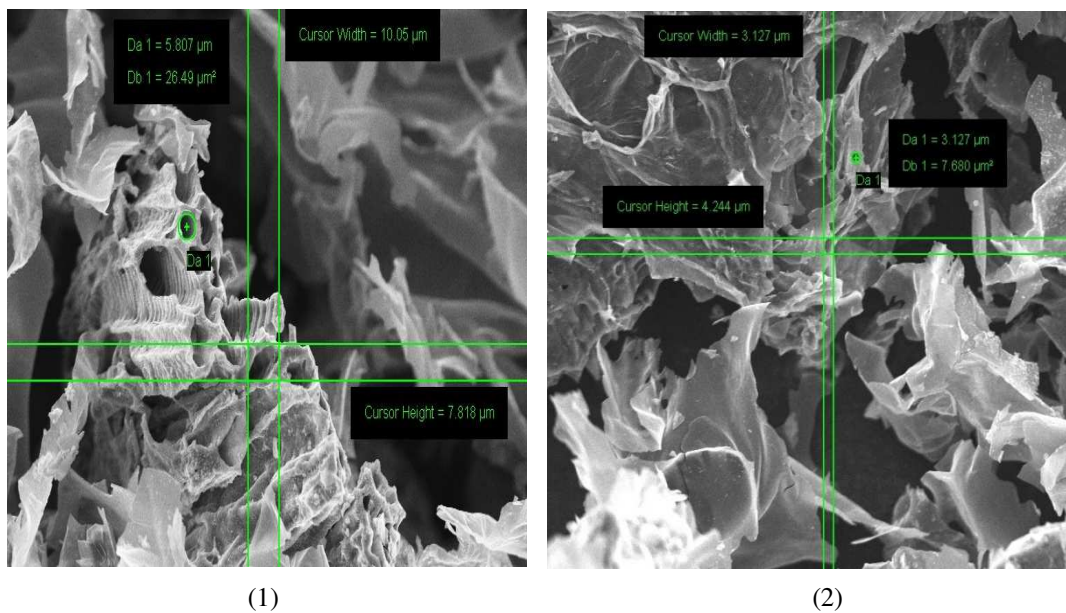
Hasil perhitungan menunjukkan bahwa persentase *removal* krom terbesar untuk arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit terjadi pada arang aktif yang diaktivasi dengan menggunakan KOH 5% (KOH-5) yaitu sebesar 99,47%. Persentase *removal* krom terendah pada arang aktif yang diaktivasi dengan menggunakan H₃PO₄ 10% (H-10) yaitu sebesar 22,118%. Hasil persentase *removal* krom dapat dilihat pada Gambar 5.

Menurut Rahman, *et al.* (2012), daya serap arang aktif dapat terjadi karena adanya pori-pori mikro yang sangat banyak sehingga menimbulkan gejala kapiler yang menyebabkan timbulnya daya serap dan permukaan yang luas dari arang aktif. Berdasarkan foto SEM (Gambar 6) terlihat bahwa diameter pori dari arang aktif yang diaktivasi menggunakan KOH 5% selama 60 menit dengan diameter mikropori sebesar 5,807 μm dan luas permukaan sebesar 26,495 μm² lebih besar dibandingkan dengan arang yang diaktivasi menggunakan H₃PO₄ 10% dengan diameter mikropori sebesar 3,127 μm dan luas permukaan sebesar 7,68 μm² sehingga kemampuan *removal* logam krom pada arang yang diaktivasi dengan KOH 5% selama 60 menit sangat tinggi yaitu sebesar 99,47%. Arang aktif dengan kemampuan

menyerap tinggi memiliki luas permukaan yang lebih besar dan memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar (El-Hendawy, 2009). Besarnya daya serap iodium juga tergantung dari banyak mikropori yang terbuka dalam suatu arang aktif (Pari, 2004). Hal inilah yang mendasari besarnya daya serap iodium yang paling tinggi diperoleh dari KOH 5% yang diaktivasi selama 60 menit karena luas permukaan pori yang lebih besar dan tidak tertutupi dengan abu.

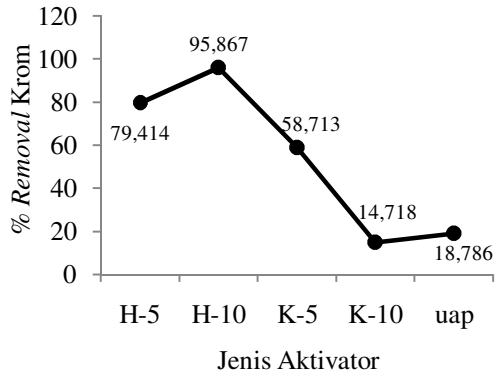


Gambar 5. Perbandingan persentase *removal* krom arang aktif yang diaktivasi selama 60 menit



Gambar 6. Analisis SEM arang aktif menggunakan KOH 5% (1) dan H₃PO₄ 10% (2) selama 60 menit dengan pembesaran 500x

Persentase *removal* krom yang terbesar pada arang aktif yang diaktivasi selama 90 menit adalah pada arang aktif H_3PO_4 10% yaitu sebesar 95,867%. Persentase *removal* krom terkecil terdapat pada arang aktif KOH 10% yaitu sebesar 14,718% (Gambar 7).



Gambar 7. Persentase *removal* krom untuk arang aktif selama 90 menit dengan pembesaran 500x

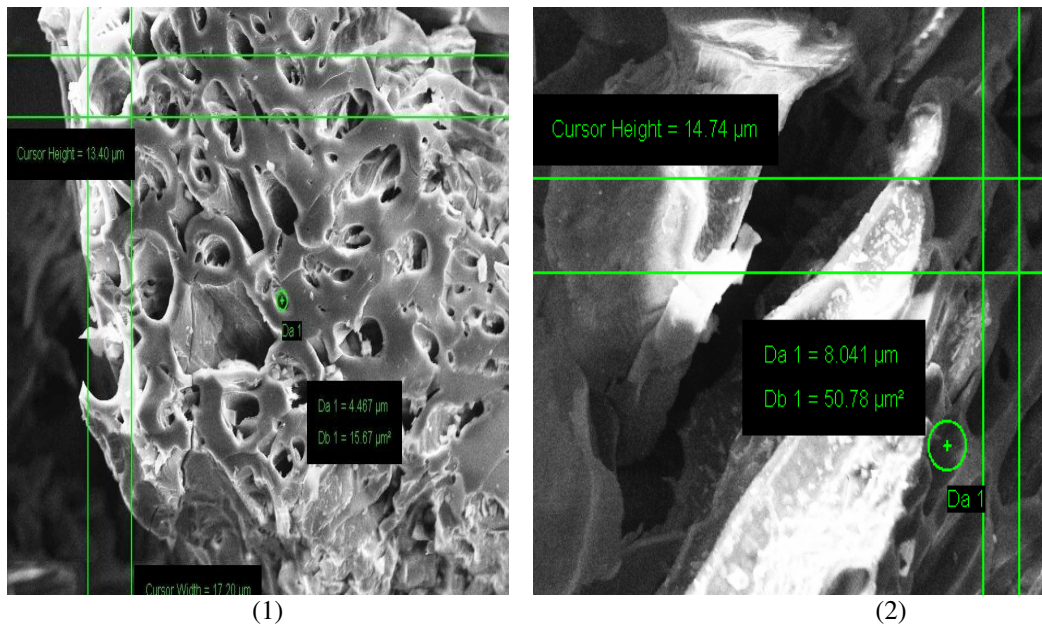
Pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa diameter pori dari arang aktif yang diaktivasi oleh asam H_3PO_4 10% selama 90 menit adalah sebesar $8,041 \mu m$ dan luas permukaan $50,78 \mu m^2$ lebih besar dibandingkan dengan arang aktif yang diaktivasi dengan KOH 10% dengan diameter pori sebesar $4,467 \mu m$ dan luas

permukaan $15,67 \mu m^2$ sehingga kemampuan daya serapnya sangat tinggi dibandingkan dengan aktivasi KOH 10% yaitu sebesar 14,74%. Tingginya persentase *removal* krom pada arang yang diaktivasi dengan H_3PO_4 10% selama 90 menit adalah karena terdapatnya banyak pori yang lebih besar dalam arang aktif sehingga daya serap terhadap logam berat krom tinggi. Adapun arang aktif yang diaktivasi dengan KOH 10% terlihat pori-porinya banyak yang tertutup oleh abu sehingga menghalangi proses adsorpsi logam krom (Gambar 8).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis proksimat arang buah bintaro, rendemen dan kualitas arang yang terbaik dan tertinggi diperoleh dari arang yang dikarbonisasi pada temperatur $500^\circ C$. Arang aktif yang diaktivasi dengan menggunakan KOH 5% selama 60 menit menghasilkan rendemen yang tertinggi. Daya serap iodium terbaik diperoleh dari arang yang diaktivasi KOH 10% selama 60 menit.

Persentase *removal* krom terbesar diperoleh dari arang yang diaktivasi KOH 5% selama 60 menit adalah sebesar 99,474% dan persentase *removal* krom



Gambar 8. Analisis SEM arang aktif menggunakan H_3PO_4 10% (1) dan KOH 10% (2) selama 90 menit dengan pembesaran 500x

terkecil diperoleh dari arang yang diaktivasi KOH 10% selama 90 menit adalah sebesar 14,72%. Secara umum lamanya waktu dan besarnya konsentrasi tidak terlalu berpengaruh terhadap daya serap krom, hal ini disebabkan karena perbedaan konsentrasi aktivator yang terlalu kecil yaitu 5% dan perbedaan waktu aktivasi yang tidak terlalu lama yaitu 30 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Dermirbas, A. (2005). Pyrolysis of ground beech wood in irregular heating rate conditions. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 73, 39-43. <http://serial.cib.unibo.it>. (Accessed 17 Mei 2008).
- El-Hendawy, A.N.A. (2009). An insight into the KOH activation mechanism through the production of microporous activated carbon for the removal of Pb^{2+} cations. *Appl. Surf. Sci.* 255, 3723e3730.
- Gomez-Serrano, V., M.C. Fernandez-Gonzales, M.L. Rojas-Cervantes, M.F. Alexandre-Franco & A. Macias-Garcia. (2005). Preparation of activated carbons from chesnut wood by phosphoric acid chemical activation. Study of microporosity and fractal dimension. *Material Letters*. 59(7), 846-853.
- Handoko, A. (2010). Artikel: Ketika Ulat Memutus Pendapatan Mereka. *Surat Kabar Harian Kompas*. Hal 3, Minggu. 11 April 2010.
- Jaguaribe, E.F., L.L. Medeiros, M.C.S. Barreto & L.P. Araujo. (2005). The performance of activated carbons from sugarcane bagasse, babassu and coconut shells in removing residual chlorine. *Brazilian Journal Chemical Engineering*. 22(01), 41-47.
- Kementerian Lingkungan Hidup [Kemenlh]. (2014). Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan industri. Jakarta.
- Marsh, H. and R.R. Fransisco. (2006). Activated Carbon. Belanda: *Elsivier Sience & Technology Books*.
- Pari, G., Sofyan, K., Syafii, W. & Buchari. (2004). Pengaruh Lama Aktivasi Terhadap Struktur dan Mutu Arang Aktif Serbuk Gergaji Jati (*Tectonagrandis* L.F). *Jurnal Teknologi Hasil Hutan*. 17(1), 33-44.
- Prahas, D., Y. Kartiks, N. Indraswati & S. Ismadji. (2008). Activated carbon from jackfruit peel waste by H_3PO_4 chemical activation. pore structure and surface characterization. *Chem.Eng. J.* 140, 32-42.
- Puslitbang Perkebunan. (2011). Bintaro (*Cerbera manghas*) sebagai Pestisida Nabati. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 17(1). April 2011. Bogor
- Rahman M.M., Awang M., Mohosina B. S., Kamaruzzaman, B.Y., Wan Nik, W.B. & C.M.C. Adnan. (2012). Waste Palm Shell Converted to High Efficient Activated Carbon by Chemical Activation Method and Its Adsorption Capacity Tested by Water Filtration. *Procedia*. 1, 293-298.
- Standar Nasional Indonesia. (1995). SNI 06-3730-1995: Arang aktif teknis. Jakarta: *Dewan Standardisasi Nasional*.
- Tang, C., R. Zhang, S. Wen, K. Li, X. Zheng & M. Zhu. (2009). Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution on Raw and Modified Activated Carbon. *Water Environment Federation*. 7(81), 726-34.
- Yakout, S.M. & Sharaf, El-Deen, G. (2011). Characterization of Activated Carbon prepared by Phosphoric Acid Activation of Olive Stones. *Arabian Journal of Chemistry*. doi:10.1016/j.arabjc.2011.12.002.
- Yun, Yu., X. Lou & W. Hongwei. (2008). Some recent advances in hydrolysis of biomass in hot-compressed water and its comparisons with other hydrolysis methods. *Energy Fuels*. 22(1), 50.