



## Activated Carbon from Jackfruit Peel Waste as Decolouring Agent of Screen Printing Waste Water

Sri Sunarsih, Sri Hastutiningrum, Tifani Diah Nisa

Jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta  
Jln Bima Sakti 3 Pengok Yogyakarta

*The aim of this research was to create decolouring agent of screen printing waste water by using activated carbon from jackfruit peel waste as an adsorbent. The carbonization process of jackfruit peel waste has been done in temperature 907° C in the absence of air and activated with sulfuric acid in different concentration (3, 5, 7, 9 and 11%). The adsorption capacity of activated carbon found out by interacting it with 25 mL of screen printing waste water. Furthermore, some test had been done to find out the influence of different particle size, weight of adsorbent and interaction time. The effect of different particle size was examined at 20, 40 and 60 mesh, the effect of the weight of adsorbent in 100, 125, 150, 175 and 200 mg and interaction time at 15, 30, 60, 90 and 120 minutes. Optimum capacity of activated carbon reached at 11% concentration of sulfuric acid, particle size 40 mesh, with the weight 200 mg and time interaction of 90 minutes.*

**Keywords:** *activated carbon, jackfruit peel waste, screen printing waste water*

### Pendahuluan

Dewasa ini karbon aktif dimanfaatkan dalam banyak aplikasi, antara lain menghilangkan wana, dekontaminasi, perlindungan pernafasan dari gas-gas toksik maupun sebagai reagen detoksifikasi dalam dunia medis. Dalam industri karbon aktif digunakan untuk mengadsorpsi polutan dari gas dan limbah cair. Pada pengolahan limbah cair karbon aktif dimanfaatkan untuk mengadsorpsi logam maupun senyawa organik. Karbon aktif juga ditambahkan ke instalasi *air stripping* untuk mengadsorpsi senyawa organik volatil yang dilepaskan dari air dalam bentuk gas. Dalam proses penyediaan air minum, karbon aktif berperan penting untuk mengadsorpsi kontaminan organik maupun anorganik. Dalam bentuk granular (*granular activated carbon*, GAC) karbon aktif digunakan untuk menghilangkan kontaminan organik dan residu disinfektan, memperbaiki rasa, serta mengurangi zat-zat yang berbahaya. Penggunaan karbon aktif ini juga berperan untuk melindungi sistem RO dan penukar ion dari oksidasi atau penyumbatan oleh senyawa organik (Srinivasakannan, 2003 dan De Silva, 2000).

Karbon aktif komersial masih cukup mahal harganya, efisiensi regenerasinya tidak begitu tinggi dan bahan dasar pembuatannya cukup mahal, seperti batubara. Banyak usaha sudah dilakukan untuk membuat karbon aktif dari bahan organik seperti bambu, tempurung kelapa, kayu gergajian dan limbah organik dari kegiatan pertanian yang lain. Juga dibuat dari limbah biomassa seperti tongkol jagung, pulp apel dan serat rami (Salna dan Yogamoorthi, 2015).

Kegiatan pertanian dan industri pertanian merupakan tumpuan perekonomian sebagian besar masyarakat Indonesia. Limbah biomasanya cukup melimpah, sehingga bahan pembuatan karbon aktif cukup mudah diperoleh. Komoditas pertanian yang merupakan salah satu penghasil biomassa adalah buah-buahan. Data Biro Pusat Statistik menunjukkan bahwa pada tahun 2011 ada 27 macam produk buah yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Hasil yang terendah adalah anggur dengan jumlah produk 11.944 ton dan yang terbesar adalah pisang dengan total produksi 5.899.940 ton. Nangka menduduki peringkat ke 6 dengan total produksi pada tahun 2011 sebanyak 652.981 ton. Angka tersebut menunjukkan bahwa potensi limbah biomassa yang ditimbulkan dari produk buah nangka cukup besar, berupa kulit luar dan jeraminya. Selain dari buah matang, limbah buah nangka juga dapat berasal dari buah muda yang banyak dimanfaatkan sebagai sayur (gulai nangka, gudeg, megono). Timbulan limbah ini dapat terjadi setiap saat mengingat nangka termasuk tanaman yang hampir berbuah sepanjang tahun.

Tee dalam Ramli (2009) menyatakan bahwa kandungan nutrisi buah nangka cukup lengkap antara lain: protein, lemak, karbohidrat, serat, kalsium, fosfor, besi, natrium, kalium, karoten, vitamin B1 (thiamine), vitamin B2 (riboflavin), niacin dan vitamin C (asam askorbat). Data komponen utama buah nangka tersebut menunjukkan bahwa kandungan karbon buah nangka cukup tinggi. Pada kulit buah dan jeraminya yang didominasi oleh selulosa dan lignin, prosentase karbonnya akan lebih banyak lagi. Dengan demikian limbah kulit buah nangka sangat layak untuk dieksploitasi sebagai sumber pembuatan karbon aktif. Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai adsorben zat warna pada limbah cair industri sablon.

Berdasar estimasi potensi kulit buah nangka dan peluang penggunaan serta kebutuhan karbon aktif, maka permasalahan yang timbul adalah bagaimana memanfaatkan limbah kulit nangka tersebut menjadi karbon aktif. Dengan demikian, tujuan dalam penelitian ini adalah membuat karbon aktif dengan metoda pirolisis pada kondisi kekurangan oksigen. Produk karbon yang didapat kemudian diaktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi bervariasi. Untuk menguji kapasitas adsorbsinya terhadap zat warna, karbon aktif yang diperoleh diinteraksikan





dengan limbah cair sablon dengan memvariasi ukuran butiran, berat karbon aktif dan waktu kontak.

Di masa mendatang, penelitian ini dapat diteruskan dengan mencoba menggunakan aktivator NaCl teknis yang sangat murah dan mudah di dapat serta dikenal masyarakat. Jika kapasitas adsorpsi karbon aktif yang didapat tidak jauh berbeda, dari segi teknis pembuatan biayanya akan jauh lebih murah.

Karbon aktif meliputi sejumlah padatan amorf dan yang memiliki struktur dasar mikrokristalin seperti grafit. Porositas dan permukaan antar partikulat yang tinggi serta adanya struktur kapiler menyebabkan karbon aktif memiliki luas permukaan tinggi. Luas permukaannya dapat mencapai  $1.000 \text{ m}^2/\text{g}$ , bahkan ada yang mencapai  $1.500 \text{ m}^2/\text{g}$ . Sedang volume pori-porinya dapat mencapai  $0,2 - 1,0 \text{ cm}^3/\text{g}$  (Jankowska, 1991, Bansal dan Goyal, 2005)

Komponen utama karbon aktif adalah atom karbon (87-97 %), atom H, O, S, dan senyawa-senyawa yang berasal dari bahan dasarnya maupun dari proses produksinya. Karbon aktif juga dapat mengandung berbagai mineral yang tidak bermanfaat sebesar 1-20 %. Senyawa-senyawa mineral ini dapat dikurangi sehingga kadar abunya hanya mencapai 0,1 -0,2 %. (Jankowska, 1991).

Karbon aktif dibuat melalui proses karbonisasi dan aktivasi semua bahan yang mengandung karbon. Semua biomassa mengandung karbon, maka proses pirolisis untuk mendapat karbon aktif sering menjadi alternatif pengolahan limbah yang berupa biomassa. Sifat produk akhirnya dapat bervariasi bergantung pada sifat bahan dasar yang digunakan, sifat reagen aktivator dan kondisi proses karbonisasi serta aktivasi. Perbedaan sifat ini mencakup kekerasannya, densitas, ukuran pori dan partikel, luas permukaan, kemampuan untuk terekstrak, kadar abu dan pH. Perbedaan sifat karbon aktif ini yang akan menentukan perbedaan aplikasinya. Dari sini kemudim muncul karbon aktif grade medis/ farmasi *grade* dan *electroplating grade*. Bentuknya dapat berupa serbuk atau pelet. Penilaian terhadap kualitas karbon aktif dilakukan dengan mengukur kapasitas adsorpsinya terhadap berbagai kontaminan organik dan anorganik (De Silva, 2000, Srinivasakannan, 2003, Bansal dan Goyal, 2005).

Proses adsorpsi molekul organik pada permukaan karbon adalah interaksi timbal balik melalui interaksi non elektrostatis dan elektrostatis. Interaksi non elektrostatis terutama disebabkan oleh dispersi dan interaksi hidrofobik, sedangkan interaksi elektrostatis atau coulombik terjadi pada elektrolit yang terion pada kondisi percobaan. Kedua jenis interaksi ini bergantung pada karakteristik adsorben, adsorbat dan sifat kimia pelarut. Faktor yang paling berpengaruh terhadap interaksi elektrostatis dan non elektrostatis adalah permukaan karbon, yang dianggap sebagai faktor utama dalam mekanisme adsorpsi pada larutan encer (Castilla, 2004).

Pori-pori pada karbon aktif dikelompokkan menjadi 3 yakni mikropori dengan jari-jari  $< 2 \text{ nm}$ , mesopori dengan jari-jari  $2-50 \text{ nm}$  dan makropori dengan jari-jari  $> 50 \text{ nm}$ . Pori-pori yang paling berperan dalam proses adsorpsi adalah mikropori. Adsorpsi oleh makropori biasanya diabaikan karena jauh lebih kecil dibanding mikro dan mesopori (Jankowska, 1991).

Cukup sulit untuk menentukan bentuk pori secara akurat, namun disepakati bahwa ukurannya 1- ribuan nm. Mikropori merupakan penyusun utama luas permukaan (sekitar 95% luas permukaan total), sehingga adsorpsi pada mikropori jauh lebih besar dibanding pada mesopori. Volume mikropori menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif, dan menentukan dimensi adsorbate yang dapat teradsorpsi. Mesopori menyumbang sekitar 5% dari luas permukaan total. Makropori tidak berperan penting dalam proses adsorpsi oleh karbon aktif karena luas permukaannya tidak lebih dari  $0.5 \text{ m}^2/\text{g}$ . Distribusi ukuran berperan penting dalam menentukan aplikasinya (Srinivasakannan, 2003, Bansal dan Goyal, 2005).

Karbonisasi merupakan tahap yang paling krusial, karena merupakan tahap awal pembentukan struktur berpori. Karbonisasi berlangsung pada temperatur  $500- 800^\circ\text{C}$  dengan atmosfer inert. Tanpa proses aktivasi, struktur pori yang terbentuk masih lemah. Pembuatan karbon aktif melalui aktivasi fisika dapat dilakukan melalui 2 tahap. Tahap pertama adalah karbonisasi, kemudian dilanjutkan dengan aktivasi yang dilakukan dengan memberi gas oksidator (uap air,  $\text{CO}_2$  atau  $\text{O}_2$ ) pada temperatur tinggi. Atom karbon akan bereaksi dengan gas oksidator membentuk  $\text{CO}_2$  yang akan terdiffusi pada permukaan karbon. Proses ini berlangsung sangat endotermis, dilakukan pada temperatur  $800 - 1000^\circ\text{C}$  (Jankowska, 1991 dan Srinivasakannan, 2003).

Chang (2000) melakukan aktivasi fisik terhadap tongkol jagung dengan reagen gasifier seperti  $\text{CO}_2$  dan uap. Temperatur pengamatan pada 1073 dan 1173 K. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur aktivasi yang lebih tinggi dapat mempersingkat waktu aktivasi yang diperlukan untuk mencapai luas permukaan lebih besar dan menghasilkan karbon aktif dengan kapasitas adsorpsi yang lebih besar.

Aktivasi fisika juga dilakukan oleh Hernandez (2007) terhadap sampah biji kapas menggunakan uap dengan memvariasi temperatur pada 600, 700, dan  $800^\circ\text{C}$  serta waktu pirolisis selama 30, 45 dan 60 menit. Aktivasi terhadap arang yang dihasilkan dilakukan pada kisaran temperatur  $250-600^\circ\text{C}$  dan tekanan ambien (14.7 psi) selama 60 menit. Kapasitas adsorpsi karbon aktif dievaluasi dengan bilangan iod dan analisis abu. Hasilnya menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah karbon yang terbentuk dengan kenaikan temperatur dan waktu pirolisis. Kenaikan bilangan iod optimal (dari 200 menjadi 427) terjadi pada temperatur  $700^\circ\text{C}$  dan waktu 45 menit.

Proses aktivasi kimia dengan perlakuan pendahuluan menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  atau  $\text{ZnCl}_2$  sebelum karbonisasi berlangsung pada temperatur  $400 - 600^\circ\text{C}$ . Metoda ini lebih baru, menggunakan reagen dehidrator seperti KOH, NaOH,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , NaCl,  $\text{KMnO}_4$ . Diantara reagen dehidrator tersebut,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dan  $\text{ZnCl}_2$  yang



paling banyak digunakan secara komersial karena sifat dehidrasinya yang baik sekali. Penggunaan  $ZnCl_2$  dalam pembuatan karbon aktif untuk industri makanan dan farmasi dibatasi karena dapat mengkontaminasi (Srinivasakannan, 2003).

Rosli (2015) membuat karbon aktif dari kulit nangka dengan aktivator  $H_3PO_4$  konsentrasi 85%. Kulit nangka yang sudah dikeringkan dan diimpregnasi dengan larutan aktivator kemudian dipanaskan sampai temperatur  $800^\circ C$  dengan kecepatan kenaikan  $10^\circ C$ /menit pada atmosfer  $N_2$ . Karbon aktif yang dihasilkan untuk mengadsorpsi kontaminan Pb dan dibandingkan dengan karbon aktif komersial. Hasilnya menunjukkan bahwa karbon aktif komersial menunjukkan hasil yang lebih baik dengan efisiensi 98%, sedangkan efisiensi karbon aktif kulit nangka yang diperoleh sebesar 80%. Hal ini terjadi karena struktur pori karbon aktif komersial jauh lebih berkembang dibanding karbon aktif hasil preparasi. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi karbon aktif komersial mengikuti isotherm Langmuir, sedangkan karbon aktif hasil preparasi mengikuti isotherm Freundlich. Ke-2 karbon aktif ini menunjukkan kinetika order pseudo 2.

Karbon aktif kulit buah nangka juga pernah dibuat oleh Foo dan Hameed (2012) dengan aktivator NaOH pada temperatur  $700^\circ C$  dengan atmosfer  $N_2$  selama 30 menit. Karbon aktif yang dihasilkan kapasitas adsorpsi optimum terhadap metilen blue sebesar 400,06 mg/g.

Prahas, Kartika, Indraswari, dan Ismadji (2008) juga pernah menelitinya dengan aktivator  $H_3PO_4$  pada 450 dan  $550^\circ C$ . Karbon aktif yang diperoleh masing-masing memiliki luas permukaan  $907-1260\text{ m}^2/\text{g}$  dan  $0.525-0.733\text{ cm}^3/\text{g}$ . Pada tahun yang sama mereka juga meneliti pembuatan karbon aktif melalui jalur semi karbonasi yang dilangsungkan pada temperatur  $200^\circ C$  dilanjutkan dengan proses karbonasi pada temperatur  $550^\circ C$ . Aktivator yang digunakan adalah  $H_3PO_4$  4:1 (g  $H_3PO_4$ /g kulit nangka) Karbon aktif yang dihasilkan diplikasikan untuk mengadsorpsi metilen blue. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsinya mengikuti persamaan Langmuir dan kinetiknya mengikuti model pseudo ke-2.

Aplikasi karbon aktif sebagai adsorben zat warna rhodamin B juga pernah dilakukan. Proses karbonisasi dilakukan pada temperatur sekitar  $907^\circ C$ , dilanjutkan dengan aktivasi menggunakan  $ZnCl_2$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan terhadap  $I_2$  berkisar antara 584,2- 844,6 mg/g arang aktif. Sampai dengan konsentrasi rhodamin B sebesar 3 ppm, kapasitas adsorpsi arang aktif kulit nangka terus bertambah secara linier dan belum menunjukkan harga maksimum. Kapasitas adsorpsi terbesar pada rentang konsentrasi percobaan diperoleh sebesar 14,20 mg/g (Sunarsih, 2015).

Menurut Bansal dan Goyal (2005) selama proses karbonisasi, unsur-unsur non karbon seperti O, H dan N tereliminasi dari bahan dasarnya melalui dekomposisi pirolitik dan terlepas dalam bentuk sebagai gas. Residunya berupa unsur karbon yang mengelompok secara pipih, dengan lembaran aromatis sebagai penghubung secara acak. Keacakan lembaran aromatis ini menimbulkan celah-celah antar lembaran karbon dan menambah pori-pori.

Selama proses karbonisasi pori-pori terisi tar atau produk dekomposisi atau terblokir oleh karbon tak beraturan. Struktur pori dalam arang yang dikarbonisasi berkembang dan bertambah selama proses aktivasi, yang mengubah bahan dasar menjadi karbon yang memiliki sangat banyak pori dengan distribusi ukuran dan bentuk sangat acak. Hal ini akan sangat menambah luas permukaan produk. Proses aktivasi arang biasanya dilangsungkan dengan atmosfer udara,  $CO_2$ , atau uap dengan kisaran temperatur  $800^\circ C - 900^\circ C$  (Bansal dan Goyal, 2005).

Orientasi lembaran aromatis berbeda-beda menyebabkan karbon aktif kurang teratur. Lembaran aromatis mengandung struktur radikal bebas dengan elektron tak berpasangan yang kemudian terstabilkan dengan beresonansi atau terperangkap selama proses karbonisasi. Ikatan tepi lembaran aromatis akan pecah, menimbulkan atom karbon tepi. Atom karbon tepi ini memiliki valensi tak jenuh sehingga dapat berinteraksi dengan heteroatom O, H, N dan S sehingga menambah gugus permukaan yang berbeda. Komposisi unsur karbon aktif seperti ini adalah 88% C, 0.5% H, 0.5% N, 1.0% S, dan 6 - 7% O, yang berkesetimbangan seperti yang tercermin dalam abunya. Kandungan O dalam karbon aktif dapat bervariasi bergantung pada bahan dasarnya dan kondisi proses aktivasinya (Bansal dan Goyal, 2005).

Kapasitas adsorpsi karbon aktif sangat dipengaruhi oleh bentuk kristal, struktur pori dan gugus permukaannya. Susunan acak lembaran aromatis karbon aktif menyebabkan variasi awan elektron pada kerangka karbon dan menimbulkan elektron tak berpasangan serta valensi tak jenuh yang akan mempengaruhi sifat adsorpsinya (Bansal dan Goyal, 2005).

Karbon-oksigen merupakan gugus permukaan paling penting yang mempengaruhi karakteristik permukaan karbon meliputi polaritas, keasaman, sifat kimia fisika seperti katalitik, elektrik dan reaktivitas kimia karbon aktif. Adanya O pada permukaan karbon aktif berpengaruh penting pada adsorpsi terhadap air dan uap serta gas yang polar, mempengaruhi adsorpsi terhadap elektrolit. Pada serat karbon, gugus oksigen menentukan adhesinya terhadap matriks plastik dan memperbaiki sifat komposisinya (Bansal dan Goyal, 2005)

Selain karakteristik karbon aktifnya, faktor-faktor lain yang mempengaruhi kinerja karbon aktif adalah berat molekul adsorbat, pH larutan, ukuran partikel karbon, laju alir limbah dan konsentrasi adsorbat. Jika adsorbat memiliki berat molekul cukup besar, adsorpsi lebih efektif sebab kelarutannya dalam air berkurang. Namun struktur pori karbon harus cukup besar agar adsorbat bermigrasi ke dalam karbon aktif (De Silva, 2000).

Limbah cair industri sablon mengandung banyak adsorbat yang dapat diserap menggunakan karbon aktif. Limbah cair ini dapat mengandung logam yang berasal dari pigmen tinta. Umumnya sablon yang diaplikasikan pada tekstil, pigmennya tidak mengandung Pb, namun tinta yang diaplikasikan pada poster dan label yang menggunakan tinta berbasis pelarut biasanya menggunakan pigmen yang dapat mengandung Pb, Pb, Cu, Cr dan Z dapat ditemukan dalam limbah cair sablon. Dalam instalasi pengolah air limbah, logam-logam ini akan terdapat pada biosolid yang dihasilkan (<http://infohouse.p2ric.org/ref/27/26165.pdf>).

Selain logam dan pigmen warna, limbah cair sablon juga mengandung berbagai pelarut yang digunakan untuk *screen*. Pelarut juga dapat berasal dari tinta pewarna. Beberapa pelarut yang digunakan untuk mencuci *screen* memiliki volatilitas tinggi seperti: aseton, metil etil keton (MEK), toluen, xilen, etil benzen, sikloheksan, nafta dan *lacquer thinner*. Juga sering ada pelarut terklorinasi seperti: metilen klorid (diklorometan) dan metil kloroform (1,1,1 trikloroetan). Pelarut lain yang lazim ada berupa minyak distilat dengan titik api > 140° F) dan gliko eter (<http://infohouse.p2ric.org/ref/27/26165.pdf>).

Sebagian pembersih berbasis citrus mengandung d-limonen. Jika kandungan d-limonene mencapai 95% dengan titik api sekitar 130°F maka harus diperlakukan sebagai pelarut volatil. Pelarut volatil ini akan mudah menguap ke udara sehingga berpotensi bahaya terhadap pekerja (<http://infohouse.p2ric.org/ref/27/26165.pdf>).

### Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat pirolisis, seperangkat alat gelas, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis DR2000, *hot plate*, *magnetic stirrer*, desikator, ayakan ukuran 20,40 dan 60 mesh, *shaker*, oven dan kertas saring Whatman 42.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah buah nangka kering dan limbah cair industri sablon. Sedangkan bahan kimianya hanya larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Limbah buah nangka dibersihkan dan dipotong-potong kecil lalu dikeringkan dengan sinar matahari. Limbah ditimbang sebanyak 200 gram kemudian dipirolisis dalam kondisi kekurangan oksigen. Pemanasan dilakukan selama 3 jam. Karbon yang dihasilkan dibiarkan menjadi dingin lalu ditumbuk dan diayak dengan ukuran 20, 40 dan 60 mesh.

Proses aktivasi dilakukan dengan menimbang 25 gram arang ukuran 20,40 dan 60 mesh, ditambah 100 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 3, 5, 7, 9 dan 11%. Campuran kemudian dikocok 1 jam dan dibiarkan selama 16 jam. Selanjutnya masing-masing campuran disaring, dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 105°C selama 3 jam. Karbon aktif yang dihasilkan didinginkan dalam desikator, kemudian diinteraksikan dengan limbah cair sablon untuk mengadsorpsi warnanya dan melihat pengaruh konsentrasi aktivator, ukuran butiran, berat karbon aktif dan waktu kontakannya.

Untuk melihat pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kemampuan adsorpsi karbon, maka disiapkan 6 larutan limbah cair sablon dengan volume 25 mL dan masing-masing ditambahkan 100 mg karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi bervariasi dari 0, 3, 5, 7, 9 dan 11%. Campuran kemudian dikocok 1 jam dan dibiarkan selama 16 jam. Limbah kemudian disaring dengan kertas saring dan diperiksa kadar warnanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis DR2000 dengan panjang gelombang 455 nm.

Untuk menentukan pengaruh besar ukuran karbon terhadap adsorpsi warna, disiapkan 4 larutan limbah cair sablon dengan volume 25 mL dan masing-masing ditambahkan 100 mg karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasinya 11% yang ukuran butirannya bervariasi pada 20, 40 dan 60 mesh. Campuran kemudian dikocok 1 jam dan dibiarkan selama 16 jam. Limbah kemudian disaring dengan kertas saring dan diperiksa kadar warnanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis DR 2000 dengan panjang gelombang 455 nm.

Penentuan pengaruh berat arang aktif terhadap adsorpsi warna dilakukan dengan menyiapkan 5 larutan limbah cair sablon volume 25 mL untuk dikontakkan dengan karbon aktif pada konsentrasi aktivator dan ukuran paling efektif dengan berat bervariasi sebanyak 100, 125, 150, 175 dan 200 mg. Campuran kemudian dikocok 1 jam dan dibiarkan selama 16 jam. Limbah kemudian disaring dengan kertas saring dan diperiksa kadar warnanya menggunakan spektrofotometer UV-Vis DR 2000 dengan panjang gelombang 455 nm.

Pengaruh waktu kontak diteliti dengan menyiapkan 5 larutan limbah cair sablon dengan volume 25 mL untuk dikontakkan dengan karbon aktif pada konsentrasi aktivator dan ukuran butiran paling efektif seberat 200 mg. Larutan kemudian dikocok dalam waktu yang bervariasi pada 0, 15, 30, 60, 90 dan 120 menit kemudian dibiarkan selama 16 jam dan diperiksa kadar warnanya.

### Hasil Penelitian Dan Pembahasan

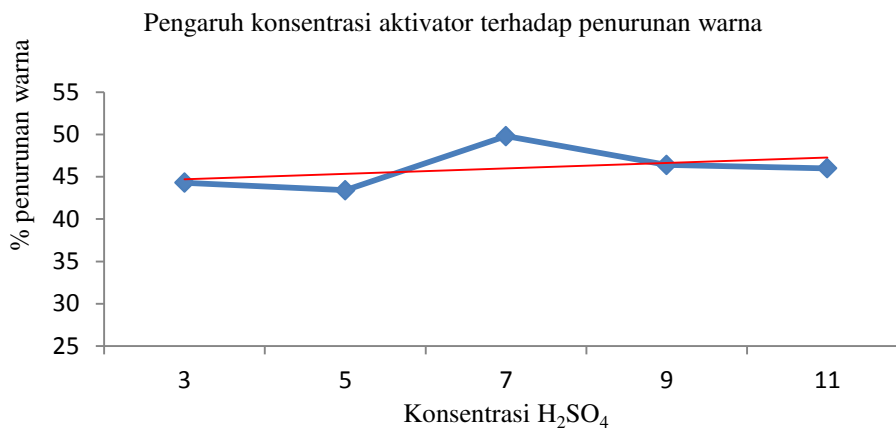
Temperatur karbonasi ± 907 °C. Karbon dibiarkan menjadi dingin dalam kondisi tertutup agar tidak teroksidasi (terbakar). Jika terbuka arang akan menyala dan menjadi abu. Arang yang sudah dingin dan kering lalu ditumbuk dan diayak dengan ukuran 20, 40 dan 60 mesh.

Hasil pengamatan pengaruh konsentrasi aktivator terhadap penurunan warna terhadap 25 mL limbah cair sablon dengan 100 mg arang aktif pada ukuran butiran 40 mesh dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1a.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Penurunan Warna

No	Konsentrasi aktivator (%)	Skala warna (PtCo)	Penurunan warna (%)
1	-	465	
2	3	229	51
3	5	216	54
4	7	233	50
5	9	266	43
6	11	193	58

Dalam bentuk kurva:



**Gambar 1a.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Penurunan Warna Limbah

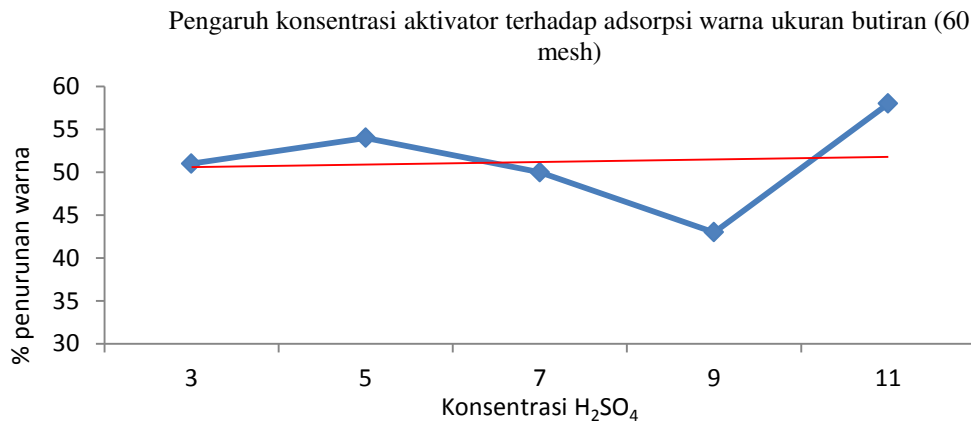
Gambar 1a menunjukkan harga adsorpsi yang fluktuatif. Namun kurvanya menunjukkan trend bertambahnya adsorpsi (persen penurunan konsentrasi warna makin besar) dengan bertambahnya konsentrasi larutan aktivator. Trend yang sama terlihat lebih jelas pada besaran butiran 60 mesh seperti tampak pada data 1b dan gambar 1b.

Menurut Bansal dan Goyal (2005), selama proses karbonisasi pori-pori karbon terisi oleh tar atau produk dekomposisi atau terblokir oleh karbon tak beraturan. Penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai aktivator yang ditambahkan dalam proses aktivasi diperkirakan dapat melarutkan tar atau produk dekomposisi yang lain yang bersifat polar sehingga pori-pori karbon aktif semakin bertambah. Dengan demikian, mudah difahami bahwa semakin tinggi konsentrasi asam aktivatornya, maka semakin tinggi konsentrasi larutan aktivator, semakin besar luas pori-pori sehingga daya adsorpsinya terhadap zat warna dalam limbah cair sablon juga semakin besar.

**Tabel 1b.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Penurunan Warna (Ukuran Butiran 60 mesh)

No	Konsentrasi aktivator (%)	Skala wana (PtCo)	Penurunan warna (%)
1	-	472	
2	3	262	51
3	5	267	54
4	7	237	50
5	9	253	43
6	11	255	58

Dalam bentuk kurva terlihat pada Gambar 2.



**Gambar 1b.** Pengaruh Konsentrasi Aktivator Terhadap Penurunan Warna Limbah (Ukuran Butiran 60 Mesh)

Dari pengamatan terlihat pada kisaran konsentrasi pengamatan kecenderungan adsorpsi terhadap zat warna semakin besar jika konsentrasinya semakin besar. Oleh karena itu pada pengamatan selanjutnya digunakan karbon aktif yang diaktivasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 11 %.

Hasil pengamatan pengaruh besar ukuran butiran karbon terhadap penurunan warna limbah cair sablon yang dilakukan terhadap 25 mL larutan limbah dengan 100 mg karbon yang diaktivasi dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 11% pada ukuran butiran 20, 40 dan 60 mesh

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Pengaruh Ukuran Karbon Terhadap Adsorpsi Warna

No	Ukuran butiran (mesh)	Penurunan warna (%)
1	20	37
2	40	58
3	60	46

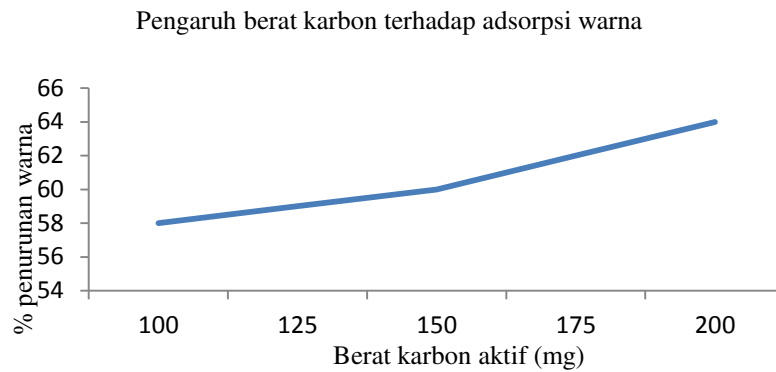
Data Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada kisaran ukuran butiran yang diamati, serapan optimum terjadi pada ukuran butiran 40 mesh. Semakin kecil ukuran butiran karbon, luas permukaannya semakin besar sehingga situs adsorpsinya juga bertambah. Namun pada saat butiran karbon lebih diperkecil, jumlah pelarut aktivator yang sama tidak mencukupi untuk mengaktifkan semua permukaan karbon sehingga situs adsorpsi tidak terbuka secara optimal. Hal ini menyebabkan penurunan warna limbah cair yang diinteraksikan tidak sebesar yang diinteraksikan dengan karbon aktif berukuran 40 mesh.

Hasil pengamatan pengaruh berat arang aktif terhadap penurunan warna limbah cair sablon yang dilakukan terhadap 25 mL larutan limbah industri sablon dengan karbon yang diaktivasi menggunakan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 11% pada ukuran butiran 40 mesh dan beratnya bervariasi pada harga 100, 125, 150, 175 dan 200 mg.

**Tabel 3.** Hasil Pengamatan Pengaruh Berat Karbon Aktif Terhadap Adsorpsi Warna

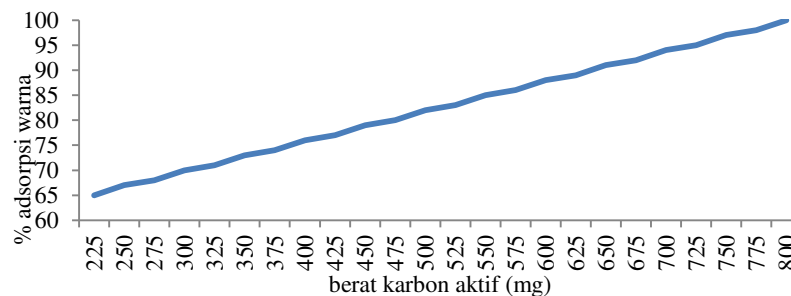
No	Berat (mg)	Penurunan Warna (%)
1	100	58
2	125	59
3	150	60
4	175	62
5	200	64

Jika disajikan dalam bentuk kurva, data tersebut menunjukkan kecenderungannya berbentuk linier dengan korelasi positif (hasil uji korelasi menunjukkan koefisien korelasi sebesar 0,985) seperti tampak pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Pengaruh Berat Karbon Terhadap Adsorpsi Warna.

Data tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka penurunan kadar warna pada limbah cair industri sablon juga semakin besar. Hal ini terjadi karena jumlah situs adsorpsi juga semakin bertambah banyak, berbanding lurus dengan jumlah (berat) karbon aktif. Namun data tersebut juga menunjukkan bahwa seyawa-senyawa yang memberikan kontribusi warna pada limbah cair industri sablon belum semuanya teradsorpsi ada kisaran berat karbon yang ditambahkan. Untuk dapat memprediksi berat karbon aktif yang ditambahkan agar semua zat warna teradsorpsi, maka dilakukan analisis forecast dan hasilnya disajikan pada Gambar 3 sebagai berikut:



**Gambar 3** Berat karbon yang diperlukan agar warna pada limbah cair teradsorpsi semua.

Hasil analisis forecast menunjukkan bahwa penurunan warna limbah cair sablon akan mencapai 100 % jika berat karbon aktif yang ditambahkan mencapai 800 mg. Hal ini menunjukkan bahwa untuk menghilangkan warna pada satu liter air limbah diperlukan karbon seberat 1600 mg. Dengan demikian dapat disarankan bahwa adsorpsi dengan karbon aktif bukan merupakan satu-satunya pengolahan yang dianjurkan.

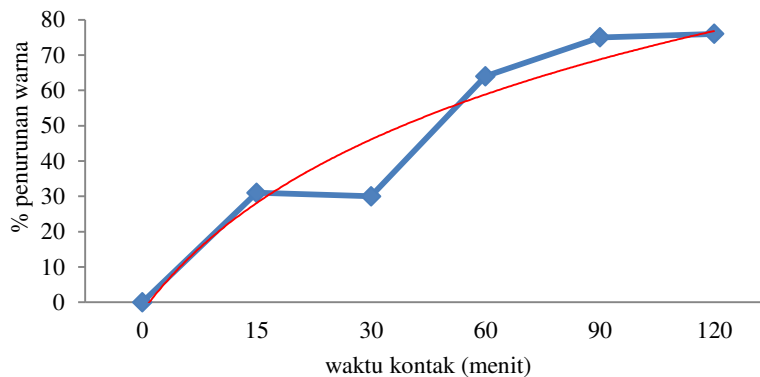
Hasil pengamatan Pengaruh waktu kontak limbah terhadap penurunan warna limbah cair sablon yang dilakukan terhadap 25 mL larutan limbah karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan  $H_2SO_4$  11% pada ukuran butiran 40 mesh seberat 200 mg dengan variasi lama waktu kontak pada 0, 15, 30, 60, 90 dan 120 menit.

**Tabel 4.** Hasil Pengamatan Pengaruh Waktu Aktif Terhadap Adsorpsi Warna

No	Waktu (menit)	Penurunan Warna (%)
1	0	0
2	15	31
3	30	3
4	60	64
5	90	75
6	120	76

Jika disajikan dalam bentuk kurva, data tersebut menunjukkan bahwa bertambahnya lama waktu kontak akan

menambah jumlah zat warna yang teradsorpsi seperti tampak pada Gambar 4 berikut ini:



**Gambar 4.** Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Warna Limbah.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa adsorpsi zat warna pada limbah cair bertambah secara logaritmik dan mendekati optimum pada waktu kontak selama 90 menit. Setelah itu, penambahan waktu kontak tidak akan menambah besarnya adsorpsi zat warna secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut sudah terjadi kesetimbangan antara proses adsorpsi dan desorpsi.

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisis data didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Kulit nangka dapat dijadikan karbon aktif
2. Hasil pengamatan pengaruh aktivator  $H_2SO_4$  pada kisaran konsentrasi 3-11% memperlihatkan bahwa kemampuan mengadsorpsi zat warna pada limbah cair sablon masih terus meningkat dengan bertambahnya konsentrasi larutan aktivatornya
3. Pada kisaran ukuran butiran yang diamati, maka adsorpsi zat warna limbah cair sablon yang tertinggi terjadi pada ukuran 40 mesh.
4. Pada kisaran ukuran berat karbon yang diamati, maka adsorpsi zat warna limbah cair sablon yang tertinggi terjadi pada penambahan 200 mg dengan penurunan warna sebesar 64%.
5. Pada kisaran waktu kontak yang diamati, maka adsorpsi zat warna limbah cair sablon yang tertinggi terjadi pada waktu 90 menit dengan penurunan 75%

### Saran

1. Perlu mengukur kapasitas adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan dengan larutan  $I_2$  dan dibandingkan dengan aktivator lain dan dengan karbon aktif komersial.
2. Perlu dibandingkan kapasitas adsorpsi arang kulit nangka yang diaktivasi dengan larutan  $NaCl$  yang relatif murah dan mudah diperoleh.

### Daftar Pustaka

- Bansal, R.C., and Goyal, M. Adsorption on Activated Carbon, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL, 2005.
- Biro Pusat Statistik, Produksi Buah-buahan Indonesia Tahun 2007-2011, <http://www.bps.go.id> diakses tanggal 20 Februari 2014
- Castilla, C.M. Adsorption of Organic Molecules From Aqueous Solutions on Carbon Materials, Journal Carbon 2004 ; 42: 83-94
- Chang C.F, Chang C.Y. and Tsai, W.T, Effects of Burn-off and Activation Temperature on Preparation of Activated Carbon from Corn Cob Agrowaste by  $CO_2$  and Steam, J. Coll. Int. Sci. 2000; 232: 45-49
- Foo, K. Y and Hameed B.H, Potential of Jackfruit Peel as Precursor for Activated Carbon Prepared by Microwave Induced  $NaOH$  Activation. J. Biores. Tech. 2012 ; 112: 143-150.
- De Silva F. Activated Carbon Filtration, Published in Water Quality Products Magazine, January, 2000,
- Hernandez J.R, Capareda S. C dan Aquino F.L, Activated Carbon Production From Pyrolysis And Steam Activation Of Cotton Gin Trash , Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, Louisiana, January 9-12, 2007.





- Jankowska H, Swiatkowski A dan Choma J. Active Carbon, Ellis Horwood Limited, Singapore, 1991.
- Prahas D., Kartika Y., Indraswati N. and Ismadji S. Activated Carbon From Jackfruit Peel Waste By  $H_3PO_4$  Chemical Activation: Pore Structure And Surface Chemistry Characterization, Chem. Eng. Jl. 2008; vol 140, issues 1-3: 32-42
- Prahas D., Kartika Y., Indraswati N. and Ismadji S, The Use of Activated Carbon Prepared from Jackfruit (Artocarpusheterophyllus) Peel Waste for Methylene Blue Removal, JEPS, 2008; **2**: 1 – 10
- Ramli, RA. Physicochemical Characteristics of Calcium-Treated Jackfruit (Artocarpus Heterophyllus ) Pulps During Chilled Storage, Universitas Kebangsaan Malaysia, Thesis submitted in fulfillment of the requirements for the Degree of Doctor of Philosophy, 2009.
- Rosli et al, Adsorption of Lead using Jackfruit Peel Activated Carbon, Applied Mechanics and Materials 2015; Vols. 773-774, pp 1079-1084 doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.773-774.1079 @2015
- Salna T and Yogamoorthi A, Preparation and Characterization of Activated Carbon From Used Tea Dust in Comparison With Commercial Activated Carbon, International J. Rec. Sci. Res. 2015; Vol. 6, Issue, 2: 2750-2755..
- Screen Printing Wastewater, Fact Sheet , <http://infohouse.p2ric.org/ref/27/26165.pdf> , (diakses Sept 2015)
- Srinivasakannan,C., High Surface Area Activated Carbon from Waste Biomass, Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Regional Conference on Energy Technology Towards a Clean Environment 12-14 February 2003, Phuket, Thailand
- Sunarsih S, 2015, Studi Adsorpsi Karbon Aktif Limbah Buah Nangka Terhadap Zat Warna Tekstil Rhodamin B, Laporan Penelitian jurusan Teknik Lingkungan IST AKPRIND Yogyakarta.





**Lembar Tanya Jawab**  
**Moderator : Zainus S (BATAN Serpong)**  
**Notulen : Susanti Rina (UPN "Veteran" Yogyakarta)**

1. Penanya : Ayu (UPN "Veteran" Yogyakarta)
- Pertanyaan : 1. Untuk mengaktivasi, selain  $H_2SO_4$  ?  
2. Limbah cair sablon sudah sesuai baku mutu/belum?
- Jawaban : 1. Bisa dengan Akitvator yang lain seperti  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ ,  $NaCl$  tetapi yang optimum  $H_2SO_4$  (dari penelitian sebelumnya)  
2. Tidak menganalisa di laboratorium untuk kandungan warna tidak memenuhi baku mutu
2. Penanya : Zainus S (BATAN Serpong)
- Pertanyaan : Apakah uji struktur karbon aktif? Saran sebaiknya diujikan.
- Jawaban : Tidak diukur

