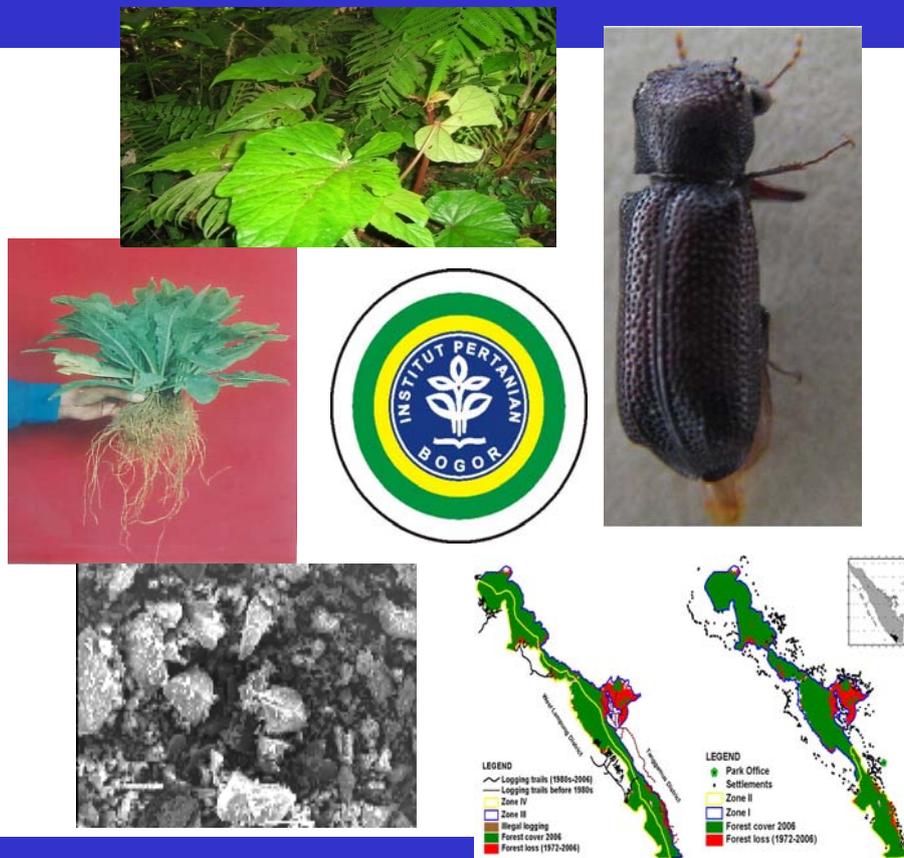


PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL SAINS II

*Peningkatan Peran Sains  
dalam Pertanian dan Industri*

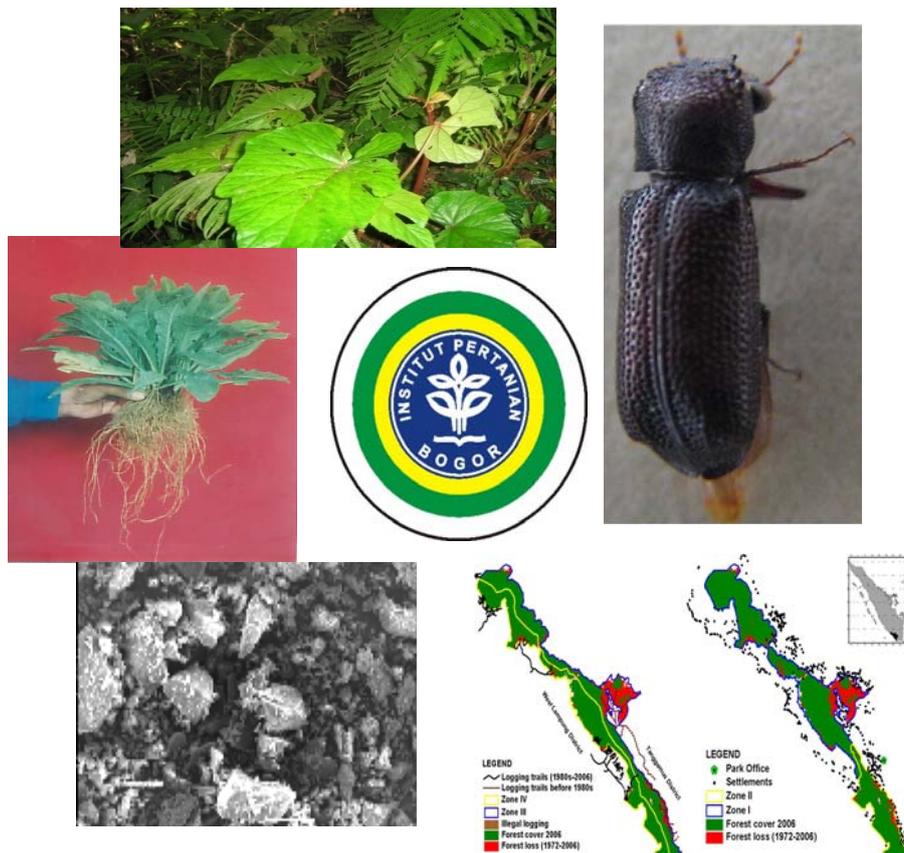


BOGOR, 14 NOVEMBER 2009

PROSIDING  
SEMINAR NASIONAL SAINS II

*Peningkatan Peran Sains dalam  
Pertanian dan Industri*

BOGOR, 14 NOVEMBER 2009



Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Pertanian Bogor  
Bogor

---

Copyright© 2009

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Pertanian Bogor (IPB)

Prosiding Seminar Nasional Sains: ***“Peningkatan Peran Sains dalam Pertanian dan Industri”***

Bogor, 14 November 2009

FMIPA-IPB, Jalan Meranti Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

Telp/Fax: 0251-8625481/8625708

<http://fmipa.ipb.ac.id>

ix + 553 halaman

ISBN: 978-979-95093-5-2

## KATA PENGANTAR

Sektor pertanian dan sektor industri, khususnya industri yang menopang pertanian, merupakan tumpuan perekonomian Bangsa Indonesia. Efisiensi dan efektivitas merupakan dua hal yang harus diperhatikan dalam upaya meningkatkan produktivitas baik di sektor pertanian maupun industri. Kedua hal ini hanya mungkin dicapai secara signifikan bila berlandaskan sains dan teknologi yang tepat melalui pemahaman, pengembangan dan penerapannya yang disesuaikan dengan tuntutan dan tantangan zaman.

Banyak perguruan tinggi dan lembaga litbang departemen bahkan divisi litbang di perusahaan terus berupaya untuk meningkatkan produktivitas melalui penelitian dan pengembangan yang didasarkan pada pemanfaatan dan pengembangan sains dan teknologi. Seminar Nasional Sains II (2009) ini diharapkan menjadi sarana dan upaya untuk menjalin komunikasi antar pelaku dan institusi yang terlibat untuk mengoptimalkan pemanfaatan peran sains dalam pertanian maupun industri.

Seminar ini merupakan rangkaian dari kegiatan Pesta Sains 2009 yang diselenggarakan oleh FMIPA-IPB pada tanggal 13-15 November 2009. Selain acara seminar juga diselenggarakan kegiatan Workshop Penulisan Buku Ajar yang diikuti oleh guru-guru SMA dan dosen.

Sebanyak 60 makalah hasil penelitian dipresentasikan pada empat kelas paralel yaitu Biosains (1 & 2), Nanosains & Material, serta Penginderaan Jauh, Sensor & Pemodelan. Selain itu beberapa makalah juga ditampilkan pada sesi Poster. Makalah-makalah tersebut sebagian besar merupakan isi dari prosiding ini. Seminar dihadiri oleh peneliti dari balitbang-balitbang terkait dan dosen-dosen perguruan tinggi, mahasiswa pascasarjana serta guru-guru SMA.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada FMIPA-IPB yang telah mendukung penuh kegiatan Seminar Nasional Sains II ini. Juga kepada Panitia Seminar dan mahasiswa dari tim Pesta Sains 2009, dan semua pihak yang telah mensukseskan acara seminar ini. Kami juga sangat berterima kasih kepada semua pemakalah atas kerjasamanya, sehingga memungkinkan prosiding ini terbit. Semoga prosiding ini bermanfaat bagi semua pihak.

Bogor, November 2009

*Panitia Seminar Nasional Sains II*

*FMIPA-IPB Bogor*

## PANITIA SEMINAR NASIONAL SAINS II

Penanggung Jawab	: Dr. drh Hasim, DEA (Dekan FMIPA-IPB)
Ketua Pelaksana	: Dr. Kiagus Dahlan
Wakil Ketua Pelaksana	: Dr. Ir Ence Darmo J Supena
Sekretaris	: Dr. Ir Suryani
Bendahara	: Dr. Dyah Iswantini
Pubdok & Promosi	: Dr. Akhiruddin M (Koord.) Dr. Sri Nurdiati Faozan, M.Si Dr. Muhammad Nur Aidi
Acara & Persidangan	: Dr. Miftahuddin (Koordinator) Mersi Kurniati, M.Si
Makalah & Prosiding	: Ir. Indahwati, M.Si (Koordinator) Ir. AE Zainal Hasan, M.Si
Perlengkapan & Konsumsi	: Dr. Aris Tjahjoleksono (Koord.) Mansur Fitri Samsudin
Lokakarya Penulisan Buku Ajar	: Ali Kusnanto, M.Si (Koord.) Dr. Ir Sobri Effendy

## DAFTAR ISI

No.	PENULIS	JUDUL	Hal
<b>BIOSAINS</b>			<b>1</b>
1	Mardi Santoso, M. Holil, S. Alfarisi	Pembuatan 4-Formil-2-Metoksifenil Isobutirat dari Daun Cengkeh	2
2	Christiani Tumilisar	Effect of Rodent Tuber Extract ( <i>Typhonium Flagelliforme</i> (Lodd)BL.) on Cancer Cell Line Proliferation Inhibition	8
3	Samanhudi, Ahmad Yunus, Wangi Satutik	Pengaruh Macam Nutrisi dan Pemberian Ekstrak Buah Pisang terhadap Pertumbuhan Plantlet Anggrek <i>Dendrobium</i> Secara <i>In Vitro</i>	15
4	Lisdar I. Sudirman	Potensi Jamur Pelapuk Kayu Tropis dalam Menghasilkan Senyawa Antimikroba	26
5	It Jamilah, Anja Meryandini, Iman Rusmana, Antonius Suwanto, Nisa R Mubarik	Karakterisasi Protease dan Amilase <i>Bacillus</i> sp. DA 5.2.3 yang Diisolasi dari Tambak Udang	37
6	Dyah Iswantini, Gustini Syabirin dan Yusuf Affandi S	Daya Hambat Ekstrak Air dan Etanol Keladi Tikus ( <i>Typhonium flagelliforme</i> ) terhadap Enzim Tirosin Kinase Secara <i>In Vitro</i>	47
7	Dyah Iswantini, Gustini Syabirin dan Maya Puspitasari S	Inhibisi Ekstrak Air dan Etanol Sambiloto ( <i>Andrographis paniculata</i> [Burm.f.] Nees) terhadap Aktivitas Enzim Tirosin Kinase secara <i>In Vitro</i>	59
8	Dyah Iswantini, Latifah K Darusman dan Dede Yulianto	Inhibisi Xantin Oksidase secara <i>In Vitro</i> oleh Ekstrak Rosela ( <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.) dan Herba Ciplukan ( <i>Physalis angulata</i> )	73
9	Dyah Iswantini, Latifah K Darusman dan Chintya Galuh TW	Potensi Ekstrak Tempuyung ( <i>Sonchus arvensis</i> ) dan Meniran ( <i>Phyllanthus niruri</i> ) Sebagai Anti Asam Urat: Aktivitas Inhibisinya terhadap Xantin Oksidase	89
10	Anak Agung Istri Ratnadewi, Muh.Naqib, I Nyoman Adi Winata, Laode Muh. Dzuhri Abdullah	Hidrolisis <i>Oat-Spelt Xylan</i> oleh Enzim Xilanase serta Deteksi Xilooligosakarida Secara Kromatografi	103
11	Anak Agung Istri Ratnadewi, Muhammad Naqib, Nuri, Zora Olivia	Populasi <i>Bifidobacterium</i> spp. Akibat Suplementasi Roti Tawar Berprebiotik Xilooligosakarida pada Diet Tikus <i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout strain WISTAR	113
12	Charlena, Abdu Haris, Karwati	Degradasi Hidrokarbon pada Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Isolat A10 dan D8	124
13	Lucy Arianie, Ahmad Mulyadi, Afghani Jayuska	Pengaruh Pemupukan Urea Termodifikasi Lignin Terhadap Pertumbuhan Sawi	137
14	Gunawan, Tatik Chikmawati, Miftahudin, Dwi Susilaningsih	Mikroalga dari Sumber Air Panas Ciater yang Berpotensi Sebagai Sumber Biodisel	146

No.	PENULIS	JUDUL	Hal
15	Arinana, Yudi Rismayadi, Noor Farikhah Haneda	Karakterisasi Serangan Kumbang Bubuk Kayu Kering pada Kayu Konstruksi Rumah Tinggal	155
16	Abdul Rauf	Pengujian Rumput Tapak Liman ( <i>Elephantopus scaber</i> L.) Sebagai Tanaman Penutup Tanah terhadap Beberapa Sifat Tanah Inceptisol dan Bibit Kelapa Sawit	161
17	Boedi Rachman dan Sata Yoshida Srie Rahayu	Pertumbuhan Kerang Mutiara Air Tawar ( <i>Anodonta woodiana</i> , Lea) dengan Tipe Pemeliharaan yang Berbeda	167
<b>NANOSAINS DAN MATERIAL</b>			<b>177</b>
1	Muhammad Ali Zulfikar, Efni Novita	Penurunan Intensitas Warna Air Gambut Menggunakan Cangkang Telur	178
2	S.T. Wahyudi, J.Juansah, E.Mahrani	Karakterisasi Kekuatan Mekanik Membran Telur Ayam Kampung	185
3	Purwantiningsih Sugita, Suminar S. Achmadi, Yuyu Yundhana	Perilaku Disolusi Ketoprofen Tersalut Gel Kitosan-Karboksimetilselulosa (CMC)	192
4	Gerald E Timuda, Akhiruddin M, Irmansyah	Pengaruh Waktu Pemaparan Gelombang Ultrasonik terhadap Komposisi Fase, Ukuran dan Parameter Kisi Kristal dari Nanopartikel TiO <sub>2</sub> yang Disintesis Menggunakan Metode Sonokimia	202
5	Taofik Jasa Lesmana, Akhiruddin M, Irmansyah	Pengaruh Konsentrasi Donor H <sup>+</sup> pada Polianilin Terhadap Sel Surya Hibrid ITO/CdS/Klorofil/PANI/ITO	210
6	H. Syafutra, Irzaman, H. Darmasetiawan, H. Hardhienata, F. Huriawati, M. Hikam, P. Arifin	Penumbuhan Film Tipis BST di atas Substrat Si (100) Tipe-p untuk Aplikasi Sensor Cahaya	216
7	Betty Marita Soebrata, Moh. Khotib, Maipa Diapati	Ampas Tebu Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif CIBACRON RED	225
8	Tetty Kemala, Emil Budianto, Bambang Soegiyono	Pembuatan dan Pencirian Polipaduan Poliasamlaktat dan Polikaprolakton Sebagai Bahan Dasar Mikrosfer	237
9	H. A.E. Zainal Hasan, I Made Artika, Vita Rosaline Fahri, Nurmala Sari	Penerapan Teknologi Nanopartikel untuk Sediaan Obat (Antibiotik Berbasis Bahan Alam, Propolis <i>Trigona spp.</i> )	247
10	Nur Aisyah Nuzulia, Akhiruddin Maddu, Kiagus Dahlan	Synthesizing and Characterization of Biphasic Calcium Phosphate Ceramic	257
11	Jajang Juansah, Mersi Kurniati, Kiagus Dahlan dan F. Jannah	Studi Membran Telur Ayam Melalui Pengukuran Listrik	265
12	Akhiruddin Maddu, Nendar Herdianto dan Irmansyah	Studi Fotoelektrokimia Elektroda Nanokristal TiO <sub>2</sub> untuk Aplikasi Fotovoltaik	275

No.	PENULIS	JUDUL	Hal
13	Fifia Zulti, Kiagus Dahlan, Purwantiningsih Sugita	Sintesis dan Karakterisasi Membran untuk Filtrasi Limbah	286
14	M. Kurniati, A.L Kencana, J. Juansah, A Maddu	Perlakuan Sonikasi Terhadap Kitosan: Viskositas dan Bobot Molekul Kitosan	293
<b>PENGINDERAAN JAUH DAN SENSOR</b>			<b>302</b>
1	Suyadi	Tropical Deforestation in Bukit Barisan Selatan National Park, Sumatra, Indonesia	303
2	M. Rahmat, Teguh P.N, H. Alatas, Irmansyah	Desain dan Fabrikasi Sensor <i>Real Time</i> berbasis Kristal Fotonik Satu Dimensi untuk Deteksi Konsentrasi Larutan Gula	318
3	Kris Sunarto	Kontribusi Survei dan Pemetaan terhadap Pembangunan Bidang Pertanian	328
4	Ucuk Darusalam, Retno W.P.	Piranti Optik Pengukur Kelimpahan Fitoplankton dengan Metoda Fluoresensi	337
5	Gunady Haryanto, Retno Wigajatri P.	Perancangan <i>Probe</i> Optik Berbasis Fluoresensi untuk Mengukur Konsentrasi Fitoplankton	350
6	Liliana Adia K, Akhirudin Maddu, Irmansyah	Pembuatan Sensor Serat Optik dengan <i>Cladding Dye Methyl Violet</i> untuk Mendeteksi Gas H <sub>2</sub> S	356
7	Teguh P Negara, H Alatas	Sensor Optik Berbasis Kristal Fotonik Satu Dimensi dengan Sensitivitas Terkontrol	364
8	Jessi L Tambunan, Akhiruddin Maddu, Iriani Setyaningsih	Karakteristik Optik dan Elektronik Ekstrak Klorofil <i>Spirulina fusiformis</i>	375
9	Novita G. Pamungkas, Irzaman	Kajian Efisiensi Termal Heating Mantel untuk Penerapan Penyulingan Minyak Atsiri dari Bahan Serai Dapur	384
<b>PEMODELAN</b>			<b>389</b>
1	Rietje J.M Bokau, Wamiliana	Desain Model Matematika untuk Sistem Produksi Pakan Udang	390
2	Mohammad Masjkur	Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil Linear dan Nonlinear Marquardt-Levenberg Pendugaan Model Jerapan Fosfor	400
3	Mohammad Masjkur	Perbandingan Metode Kuadrat Terkecil Marquardt-Levenberg dan Kemungkinan Maksimum EM Pendugaan Parameter Model Nonlinear Jerapan Fosfor	414
4	Muhammad Nur Aidi	Deteksi Pola Sebaran Titik Spasial Secara Reguler Melalui Penelusuran Fungsi Massa Peluang, Metode Kuadran dan Tetangga Terdekat	425
5	Aji Hamim Wigena	Penggunaan Regresi Kuadrat Terkecil Parsial dalam <i>Statistical Downscaling</i>	435

No.	PENULIS	JUDUL	Hal
6	Endar H. Nugrahani	Model Dinamika Sistem Ekonomi Berdasarkan Akumulasi Modal	440
<b>POSTER</b>			<b>450</b>
1	Ninik Setyowati dan Nurul Sumiasri	Variasi Jenis Tanaman dalam Upaya Peningkatan Produktivitas Lahan Pekarangan di Cibinong	451
2	Mukhtar Effendi, Sehad	Peningkatan Kepekaan Sistem Deteksi Spektrometer Fotoakustik Gas Lacakan dengan Cara Optimasi Daya Laser CO <sub>2</sub> yang Digunakan	460
3	Destario Metusala	Studi Waktu Aplikasi dan Dosis Herbisida Campuran Atrazine dan Mesotrione Terhadap Pertumbuhan Gulma pada Pertanaman Jagung	470
4	Agung Sri Darmayanti, Destario Metusala	Pengaruh Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Cempaka ( <i>Michelia Champaca</i> )	478
5	Samanhudi, Praswanto, dan Edi Dwiyono	Induksi Kalus Tanaman Mahkota Dewa ( <i>Phaleria macrocarpa</i> ) dengan Perlakuan Kondisi Gelap dan 2,4-D	485
6	Sarjiya Antonius, Dwi Agustyani, Nurlaili, Ronald B. P. Simbolon	Sifat Biologi dan Kimia Tanah pada Beberapa Komoditas Pertanian di Malinau-Kaltim	495
7	Rini Riffiani	Pengujian Enzim Peroksidase pada Kultur Suspensi Sel <i>Raphanus sativus</i> yang Diperkaya dengan Hormon Pertumbuhan	501
8	Nurul Sumiasri, Yani Cahyani, Dody Priadi	Pengaruh berbagai Media dan Pematahan Dormansi Biji terhadap Pertumbuhan Biji Jarak Pagar ( <i>Jatropha curcas L.</i> )	510
9	Sudarmono	Pendekatan Konservasi Berdasarkan Variasi Genetika Populasi pada Tumbuhan: Suatu Kasus pada <i>Salvia Sp.</i> (LAMIACEAE)	521
10	Sudarmono, Sumanto	Variasi Genetika pada Populasi <i>Scutellaria Sp.</i> (Lamiaceae) di Gunung Slamet, Jawa Tengah	529
11	Sri Hartin Rahayu	Pengaruh Rhizobium dan Puminal Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Hijau dalam Pengembangan Usahatani di Lahan Bekas Galian Emas Jampang-Sukabumi	537
12	Hartutiningsih-M. Siregar, R. S. Purwantoro, Sudarmono, A. Agusta	Pengungkapan Potensi Obat pada Tiga Jenis <i>Begonia</i> Terpilih ( <i>Begonia muricata</i> Blume, <i>B. multangula</i> Blume, <i>B. "Bacem Kebo"</i> .) Melalui Uji Anti Bakteri <i>Escherichia coli</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> Secara <i>In Vitro</i>	543
13	Eko Murniyanto	Keragaan Daun Kimpul ( <i>xanthosoma sagittifolium</i> l.schoot) yang Terpapar pada Penyinaran Matahari	552

**AMPAS TEBU SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA REAKTIF CIBACRON RED****Betty Marita Soebrata, Mohammad Khotib, Maipa Diapati**Departemen Kimia FMIPA IPB  
email: [bettymarita@gmail.com](mailto:bettymarita@gmail.com)**Abstrak**

Cibacron Red merupakan salah satu jenis zat warna reaktif yang banyak digunakan oleh industri tekstil. Upaya pengolahan limbah telah banyak dilakukan, salah satunya adalah memanfaatkan produk samping pertanian sebagai adsorben. Penelitian ini memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben zat warna reaktif Cibacron Red. Adsorben ampas tebu yang digunakan terdiri atas adsorben tanpa modifikasi dan adsorben yang dimodifikasi menggunakan asam sulfat pekat. Sebagai pembanding, digunakan adsorben komersial, yaitu arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa. Adsorpsi dilakukan dengan ragam waktu adsorpsi, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna Cibacron Red, selanjutnya hasil yang diperoleh diaplikasikan pada limbah industri tekstil. Kondisi optimum adsorpsi adsorben tanpa modifikasi diperoleh pada waktu 45 menit, bobot 1 g, dan konsentrasi awal 150 ppm, sedangkan untuk adsorben modifikasi asam, diperoleh kondisi optimum pada waktu 53.5 menit, bobot 2.5 g, dan konsentrasi awal 150 ppm. Arang aktif sebagai pembanding memperoleh kondisi optimumnya pada waktu 60 menit, bobot 3 g, dan konsentrasi awal 150 ppm. Pada pengujian larutan tunggal Cibacron Red, kapasitas adsorpsi untuk adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam, dan arang aktif berturut-turut sebesar 788.7, 5669.6, dan 3827.5  $\mu\text{g/g}$  adsorben dengan efisiensi adsorpsi berturut-turut sebesar 6.2, 94.1, dan 75.6%. Aplikasi ketiga adsorben terhadap limbah industri tekstil menunjukkan efisiensi adsorpsi berturut-turut sebesar 1.3, 97.6, dan 51.7%. Tipe isoterm yang dianut oleh ketiga tipe adsorben adalah isoterm Freundlich.

**Kata kunci:** adsorben, kapasitas adsorpsi, cibacron red, isotherm

**1. PENDAHULUAN**

Limbah merupakan masalah utama dalam pengendalian dampak lingkungan industri. Zat warna merupakan salah satu jenis polutan yang terdapat dalam hampir semua limbah yang berasal dari industri, terutama industri tekstil dan makanan. Limbah yang mengandung zat warna menimbulkan berbagai masalah ketika dibuang ke lingkungan, antara lain mengganggu ekosistem perairan, memperlambat aktivitas fotosintesis, dan menghambat pertumbuhan biota perairan dengan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air.

Beberapa cara pengolahan limbah industri telah banyak dilakukan, antara lain secara kimia menggunakan koagulan, secara fisika dengan adsorpsi menggunakan arang aktif, dan secara biologi menggunakan mikroba (Forlink 2000). Namun, metode tersebut memiliki beberapa kekurangan. Pengolahan limbah secara kimia menggunakan koagulan

akan menghasilkan lumpur dalam jumlah yang relatif besar, sehingga membutuhkan pengolahan lebih lanjut terhadap lumpur yang terbentuk. Penggunaan arang aktif dalam pengolahan limbah meskipun sangat efektif, tetapi memerlukan biaya yang cukup tinggi karena harganya relatif mahal, terutama jika digunakan dalam skala besar atau konsentrasi limbah yang tinggi (Manurung *et al.* 2004).

Penggunaan adsorben merupakan metode alternatif dalam pengolahan limbah. Metode ini efektif dan murah karena dapat memanfaatkan produk samping atau limbah pertanian. Beberapa produk samping pertanian yang berpotensi sebagai adsorben, yaitu tongkol jagung, gabah padi, gabah kedelai, biji kapas, jerami, ampas tebu, serta kulit kacang tanah (Marshall & Mitchell 1996).

Salah satu limbah pertanian yang cukup banyak adalah ampas tebu. Ampas tebu yang dihasilkan dari pabrik gula selama proses produksi, yaitu sebesar 90%, sedangkan gula yang dimanfaatkan hanya 5%, dan sisanya berupa tetes tebu dan air (Witono 2003). Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas areal 232 ribu hektar, yang tersebar di Medan, Lampung, Semarang, Solo, dan Makasar, sedangkan menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Barat 2006, perkebunan tebu menempati luas areal 12024.31 hektar, dengan produksi tebu mencapai 64169.06 ton.

Penggunaan ampas tebu sebagai adsorben diharapkan dapat menjadi nilai tambah serta meningkatkan daya dukungnya terhadap lingkungan dalam penanganan limbah zat warna maupun logam berat. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa ampas tebu berpotensi sebagai adsorben. Raghuvanshi *et al.* (2004) memperlihatkan bahwa ampas tebu dapat mengadsorpsi zat warna biru metilena dengan efisiensi adsorpsi mencapai 90%. Hal ini diperkuat oleh Azhar *et al.* (2005) yang menunjukkan bahwa modifikasi ampas tebu menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi ampas tebu terhadap zat warna merah metil hingga mencapai 96.5%.

Penelitian ini bertujuan memanfaatkan ampas tebu sebagai adsorben zat warna reaktif Cibacron Red, menentukan kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu adsorpsi, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna Cibacron Red, serta menentukan isotherm adsorpsi dari adsorben ampas tebu dan aplikasinya terhadap limbah industri tekstil.

## **2. BAHAN DAN METODE**

### **2.1. Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang digunakan adalah ampas tebu, formaldehida 1%, zat warna reaktif Cibacron Red, limbah industri tekstil, dan arang aktif komersial.

Alat-alat yang digunakan adalah spektrofotometer Spectronic 20D<sup>+</sup> Thermo Electron Corporation dan spektrofotometer Spectronic DR 2000 HACH.

## 2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri atas empat tahap (Lampiran 1). Tahap pertama adalah preparasi sampel ampas tebu yang dibedakan menjadi dua, yaitu adsorben tanpa modifikasi dan adsorben modifikasi asam. Tahap kedua adalah penentuan kondisi optimum adsorpsi yang meliputi waktu, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna reaktif Cibacron Red. Tahap ketiga adalah penentuan isoterm adsorpsi adsorben tanpa modifikasi, adsorben modifikasi asam dan arang aktif. Tahap terakhir adalah aplikasi terhadap limbah industri tekstil menggunakan adsorben tanpa modifikasi, adsorben modifikasi asam, dan arang aktif.

## 2.3. Preparasi Sampel (Raghuvanshi *et al.* 2004)

Ampas tebu dicuci dengan air mengalir hingga bersih dan direndam dalam air destilata kira-kira selama 48 jam, dengan pergantian air destilata setiap 12 jam, kemudian dicuci dengan NaOH 0.1 N kira-kira selama 12 jam, lalu dibilas dengan air destilata, dan dicuci dengan formaldehida untuk menghilangkan gangguan warna selama proses adsorpsi. Selanjutnya bahan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam dan dibuat serbuk berukuran kurang dari 100 mesh. Serbuk ampas tebu ini selanjutnya disebut adsorben tanpa modifikasi.

## 2.4. Modifikasi Asam

Adsorben tanpa modifikasi direndam dalam asam sulfat pekat, lalu dipanaskan pada suhu 150-160°C selama 36 jam. Setelah itu, dibilas dengan air destilata untuk menghilangkan kelebihan asam. Selanjutnya bahan dikeringkan dalam oven pada suhu 105-110°C. Serbuk ampas tebu ini selanjutnya disebut adsorben modifikasi asam.

## 2.5. Pembuatan Larutan Zat Warna Reaktif Cibacron Red

Larutan stok zat warna reaktif Cibacron Red 1000 ppm dibuat dengan cara 1 g zat warna reaktif Cibacron Red dilarutkan ke dalam air destilata dan diencerkan hingga 1 liter. Selanjutnya dibuat kurva standar dari larutan Cibacron Red dengan konsentrasi 0.5, 1, 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm.

## 2.6. Penentuan Kondisi Optimum Adsorpsi

Adsorben dengan ragam bobot 1, 2, dan 3 g dimasukkan ke dalam 100 ml larutan zat warna reaktif Cibacron Red dengan konsentrasi awal 50, 100 dan 150 ppm, kemudian larutan dikocok dengan *shaker*. Adsorpsi dilakukan dengan ragam waktu adsorpsi 30, 45, dan 60 menit (Raghuvanshi *et al.* 2004), kemudian diamati perubahan warnanya.

Campuran disaring dan dibaca absorbansi filtratnya dengan spektrofotometer Spectronic 20D<sup>+</sup> pada panjang gelombang maksimum, kemudian ditentukan kapasitas dan efisiensi adsorpsinya.

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{V (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})}{m}$$

Efisiensi adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% E = \left( \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \right) \times 100\%$$

Keterangan:

- % E = Efisiensi adsorpsi
- Q = Kapasitas adsorpsi per bobot adsorben ( $\mu\text{g/g}$  adsorben)
- V = Volume larutan (ml)
- $C_{\text{awal}}$  = Konsentrasi awal larutan (ppm)
- $C_{\text{akhir}}$  = Konsentrasi akhir larutan (ppm)
- m = massa adsorben (g)

Desain penentuan kondisi optimum adsorpsi dilakukan menggunakan metode *Response Surface* dengan rancangan acak lengkap faktorial. Kondisi yang digunakan sebagai faktor adalah waktu adsorpsi, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna Cibacron Red, sedangkan responnya adalah kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi. Kondisi optimum ditentukan berdasarkan nilai yang diperoleh melalui model Statistika V6, yaitu kondisi ketika adsorben memiliki nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang tinggi.

## 2.7. Penentuan Isoterm Adsorpsi

Bobot optimum adsorben dimasukkan ke dalam 100 ml zat warna reaktif Cibacron Red pada ragam konsentrasi, yaitu 25, 50, 75, 100, dan 150 ppm, kemudian dikocok dengan *shaker* selama waktu optimum. Campuran disaring dan dibaca absorbansi filtratnya dengan spektrofotometer Spectronic 20D<sup>+</sup> pada panjang gelombang maksimum, kemudian dibuat persamaan regresi linier menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich untuk menentukan tipe isoterm yang sesuai (Atkins 1999).

## 2.8. Aplikasi Limbah Industri Tekstil

Adsorben yang diperoleh pada perlakuan kondisi optimum dimasukkan ke dalam limbah industri tekstil, lalu campuran dikocok dengan *shaker* selama waktu optimum adsorpsi. Campuran disaring dan filtrat yang diperoleh diukur intensitas warnanya menggunakan spektrofotometer Spectronic DR 2000 HACH pada panjang gelombang 455 nm, kemudian dibandingkan dengan intensitas warna limbah awal dan ditentukan efisiensi adsorpsi dari masing-masing adsorben.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorben tanpa modifikasi dapat digunakan untuk mengadsorpsi zat warna Cibacron Red, baik dalam larutan tunggal, maupun dalam limbah industri. Kondisi optimum adsorben tanpa modifikasi diperoleh pada waktu 45 menit, bobot 1 g, dan konsentrasi awal 150 ppm (Tabel 1). Pada kondisi optimum tersebut diperoleh kapasitas adsorpsi (Q) dan efisiensi adsorpsi (%E) berturut-turut sebesar 788.79  $\mu\text{g/g}$  dan 6.2%. Artinya, setiap 1 g adsorben mengadsorpsi 788  $\mu\text{g}$  adsorbat dengan persentase penurunan konsentrasi sebesar 6.2% dari konsentrasi awal zat warna. Nilai ini bukanlah nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi maksimum, akan tetapi dinyatakan optimum karena pada kondisi yang sama keduanya memiliki nilai yang cukup tinggi.

**Tabel 1 Kondisi optimum adsorben tanpa modifikasi**

Parameter	Kondisi Optimum	Q ( $\mu\text{g/g}$ )	% E
Waktu	45 menit		
Bobot	1g	788.79	6.2
Konsentrasi	150 ppm		

Waktu optimum adsorpsi yang diperoleh adalah 45 menit. Setelah melewati 45 menit, kapasitas dan efisiensi adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adsorben telah jenuh oleh adsorbat sehingga apabila dilanjutkan, kemungkinan akan terjadi proses desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat oleh adsorben.

Parameter yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum adsorben modifikasi asam yaitu waktu, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna. Kondisi optimum adsorben modifikasi asam diperoleh pada waktu 52.5 menit, bobot 2.5 g, dan konsentrasi awal 150 ppm (Tabel 2). Pada kondisi optimum tersebut diperoleh kapasitas adsorpsi (Q) dan efisiensi adsorpsi (%E) berturut-turut sebesar 5669.6  $\mu\text{g/g}$  dan 94.1%. Artinya, setiap 1 g adsorben mengadsorpsi 5669.6  $\mu\text{g}$  adsorbat dengan persentase penurunan konsentrasi sebesar 94.1% dari konsentrasi awal zat warna. Sama halnya dengan adsorben tanpa modifikasi, nilai ini bukanlah nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi maksimum, akan tetapi pada kondisi tersebut, keduanya memiliki nilai yang cukup tinggi.

**Tabel 2 Kondisi optimum adsorben modifikasi asam**

Parameter	Kondisi Optimum	Q ( $\mu\text{g/g}$ )	% E
Waktu	52.5 menit		
Bobot	2.5 g	5669.6	94.1
Konsentrasi	150 ppm		

Waktu optimum yang diperoleh adalah 52.5 menit. Proses adsorpsi terus meningkat sampai waktu 52.5 menit. Setelah melewati 52.5 menit, proses adsorpsi cenderung

konstan. Hal ini menunjukkan bahwa adsorben telah jenuh oleh zat warna Cibacron Red, sehingga jika proses dilanjutkan maka kemungkinan tidak ada lagi zat warna yang diadsorpsi oleh adsorben, sampai akhirnya terjadi pelepasan kembali atau desorpsi zat warna oleh adsorben. Hal ini memperkuat Notodarmojo (2004) yang menyatakan bahwa waktu kontak antara adsorbat dan adsorben yang melebihi waktu optimum dapat menyebabkan desorpsi.

Kenaikan konsentrasi berbanding lurus dengan kenaikan kapasitas dan efisiensi adsorpsi. Hal ini karena semakin tinggi konsentrasi, maka jumlah ion Cibacron Red yang terikat secara kovalen dengan adsorben semakin banyak sehingga nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi semakin meningkat. Konsentrasi awal yang diperoleh adalah 150 ppm. Nilai ini belum dapat dikatakan sebagai kondisi optimum, melainkan nilai terbaik yang diperoleh melalui percobaan karena mungkin saja jika konsentrasi dinaikkan lagi maka kapasitas dan efisiensi adsorpsi masih akan terus mengalami peningkatan.

### 3.1. Kondisi Optimum Arang Aktif

Penentuan kondisi optimum arang aktif menggunakan parameter yang sama dengan adsorben tanpa modifikasi dan modifikasi asam, yaitu waktu adsorpsi, bobot adsorben, dan konsentrasi awal zat warna. Berdasarkan data pada Lampiran 8 diperoleh kondisi optimum untuk arang aktif pada waktu 60 menit, bobot 3 g, dan konsentrasi awal 150 ppm (Tabel 3). Pada kondisi optimum tersebut diperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 3827.5  $\mu\text{g/g}$  dan efisiensi adsorpsi sebesar 75.6%. Artinya, setiap 1 g arang aktif mengadsorpsi 3827.5  $\mu\text{g}$  adsorbat dengan persentase penurunan konsentrasi sebesar 75.6% dari konsentrasi awal zat warna.

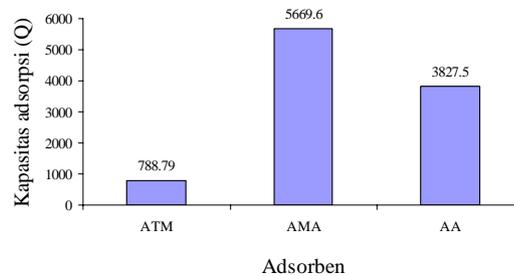
**Tabel 2 Kondisi optimum arang aktif**

Parameter	Kondisi Optimum	Q ( $\mu\text{g/g}$ )	% E
Waktu	60 menit		
Bobot	3 g	3827.5	75.6
Konsentrasi	150 ppm		

### 3.2. Adsorpsi Larutan Tunggal Cibacron Red

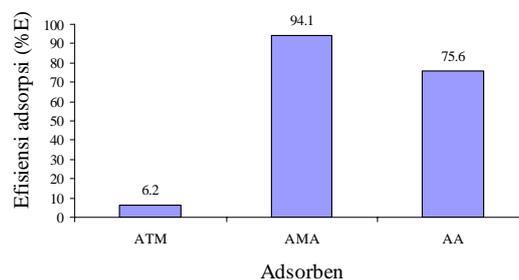
Arang aktif (AA) yang merupakan adsorben komersial digunakan sebagai pembanding untuk mengetahui kemampuan adsorben ampas tebu dalam mengadsorpsi zat warna Cibacron Red. Dalam hal ini, respon yang digunakan sebagai pembanding adalah kapasitas dan efisiensi adsorpsi yang telah diperoleh pada kondisi optimum masing-masing (Tabel 1, 2, dan 3). Gambar 1 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi adsorben modifikasi asam (AMA) lebih tinggi daripada adsorben tanpa modifikasi (ATM) berturut-turut sebesar 5669.6 dan 788.79  $\mu\text{g/g}$ . Hal ini membuktikan bahwa modifikasi

asam pada adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi jauh lebih besar. Jika dibandingkan dengan arang aktif yang memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 3827.5  $\mu\text{g/g}$ , maka terlihat bahwa adsorben modifikasi asam juga memiliki kemampuan mengadsorpsi zat warna yang lebih besar.



**Gambar 1 Kapasitas adsorpsi adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam dan arang aktif pada larutan tunggal Cibacron Red.**

Hal yang sama juga terlihat pada efisiensi adsorpsi. Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai efisiensi adsorpsi adsorben modifikasi asam jauh lebih tinggi daripada adsorben tanpa modifikasi, berturut-turut sebesar 94.1 dan 6.2%. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Raghuvanshi *et al.* (2004) dan Azhar *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa modifikasi adsorben ampas tebu menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi terhadap zat warna. Jika dibandingkan dengan arang aktif yang memiliki efisiensi adsorpsi sebesar 75.6%, maka terlihat bahwa adsorben modifikasi asam masih memiliki efisiensi adsorpsi yang lebih tinggi. Berdasarkan nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa adsorben modifikasi asam berpotensi sebagai adsorben alternatif karena memiliki kemampuan mengadsorpsi zat warna yang baik sebagaimana arang aktif.

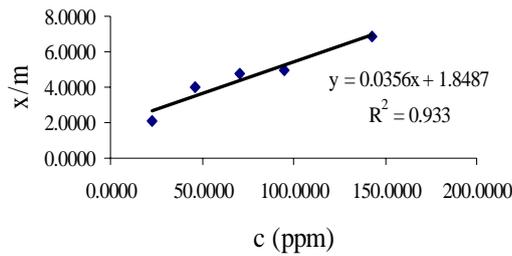


**Gambar 2 Efisiensi adsorpsi adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam dan arang aktif pada larutan tunggal Cibacron Red.**

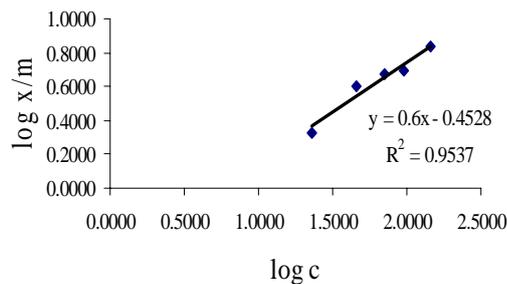
### 3.3. Isoterm Adsorpsi

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4, adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben tanpa modifikasi memberikan linieritas yang cukup tinggi untuk kedua tipe isoterm, yaitu sebesar 93.3% untuk isoterm Langmuir (Gambar 3) dan 95.4% untuk

isoterm Freundlich (Gambar 4). Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben tanpa modifikasi mengikuti tipe isoterm Freundlich, karena linieritas untuk tipe isoterm ini lebih besar. Pada isoterm Freundlich hanya melibatkan gaya van der Waals sehingga ikatan antara adsorbat dengan adsorben bersifat lemah. Hal ini memungkinkan adsorbat leluasa bergerak hingga akhirnya berlangsung proses adsorpsi banyak lapisan.

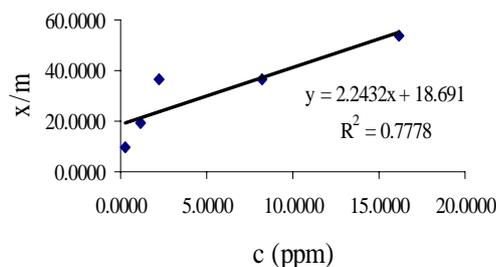


**Gambar 3** Isoterm Langmuir adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben tanpa modifikasi.

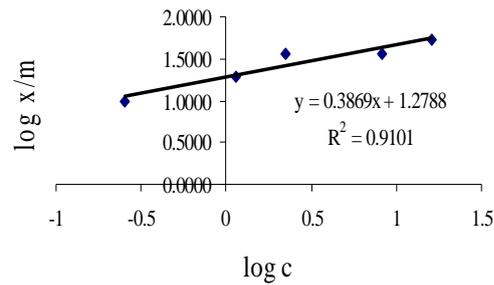


**Gambar 4** Isoterm Freundlich adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben tanpa modifikasi.

Isoterm adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben modifikasi asam menunjukkan hasil yang sama dengan adsorben tanpa modifikasi. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa isoterm Freundlich memiliki linieritas sebesar 91.0%. Nilai ini jauh melampaui isoterm Langmuir yang hanya memiliki linieritas sebesar 77.8%. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben modifikasi asam mengikuti tipe isoterm Freundlich.

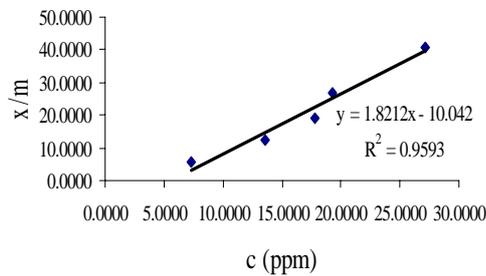


**Gambar 5** Isoterm Langmuir adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben modifikasi asam.

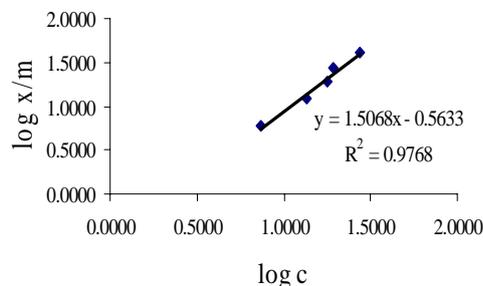


**Gambar 6** Isoterm Freundlich adsorpsi Cibacron Red oleh adsorben modifikasi asam.

Sama halnya dengan adsorben tanpa modifikasi dan modifikasi asam, isoterm adsorpsi Cibacron Red oleh arang aktif juga mengikuti tipe isoterm Freundlich. Gambar 7 dan 8 menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi Cibacron Red oleh arang aktif memiliki linieritas yang cukup tinggi untuk kedua tipe isoterm, yaitu 95.9% untuk isoterm Langmuir dan 97.7% untuk isoterm Freundlich. Walaupun keduanya memiliki linieritas yang cukup tinggi, proses adsorpsi lebih dominan mengikuti tipe isoterm Freundlich. Hal ini menunjukkan bahwa pada adsorpsi Cibacron Red oleh arang aktif diperkirakan membentuk banyak lapisan sebagaimana adsorben tanpa modifikasi dan modifikasi asam.



**Gambar 7** Isoterm Langmuir adsorpsi Cibacron Red oleh arang aktif.

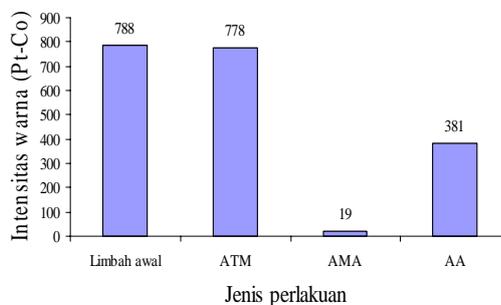


**Gambar 8** Isoterm Freundlich adsorpsi Cibacron Red oleh arang aktif.

### 3.4. Aplikasi Limbah Industri Tekstil

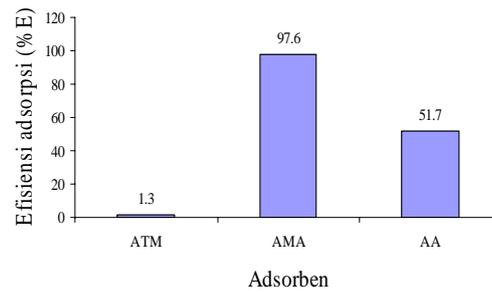
Kemampuan adsorben dan arang aktif dalam mengadsorpsi zat warna juga diujicobakan terhadap limbah industri tekstil. Percobaan dilakukan menggunakan kondisi optimum yang telah diperoleh (Tabel 1, 2, dan 3). Berbeda dengan larutan Cibacron Red tunggal, pada limbah industri tekstil terdiri atas banyak komponen dan zat warna yang saling berpengaruh satu-sama lain. Hal ini menyebabkan konsentrasi Cibacron Red atau zat warna tunggal lain yang terdapat di dalam limbah tidak mungkin diketahui satu-persatu, melainkan diukur sebagai total warna dalam limbah. Total warna yang terdapat dalam limbah dinyatakan sebagai intensitas warna dengan satuan Pt-Co.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas warna awal limbah industri tekstil adalah sebesar 788 PtCo. Gambar 9 menunjukkan bahwa adsorben tanpa modifikasi hanya sedikit menurunkan intensitas warna limbah tekstil dari 788 PtCo menjadi 778 PtCo, sebaliknya adsorben modifikasi asam menunjukkan penurunan intensitas warna yang cukup besar, yaitu menjadi 19 PtCo, sedangkan arang aktif sebagai pembanding hanya menurunkan separuh intensitas warna limbah industri tekstil, yaitu menjadi sebesar 381 PtCo. Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/Men.kes/Per./IX/1990, standar baku mutu warna air bersih adalah 50 PtCo. Hal ini menunjukkan bahwa hasil adsorpsi adsorben modifikasi asam terhadap warna limbah industri tekstil telah memenuhi standar baku mutu air bersih.



**Gambar 9** Intensitas warna limbah industri tekstil setelah adsorpsi menggunakan adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam, dan arang aktif.

Efisiensi adsorpsi dari masing-masing adsorben ditunjukkan pada Gambar 10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam, dan arang aktif berturut-turut sebesar 1.3, 97.6, dan 51.7%. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa pada penelitian ini adsorben modifikasi asam memiliki kemampuan yang paling efektif dalam menurunkan intensitas warna limbah industri tekstil. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi asam pada adsorben dapat meningkatkan kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi zat warna limbah industri tekstil.



**Gambar 10 Efisiensi adsorpsi adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam, dan arang aktif pada limbah industri tekstil.**

#### 4. SIMPULAN

Ampas tebu dapat digunakan sebagai adsorben zat warna reaktif Cibacron Red. Jika dibandingkan dengan adsorben tanpa modifikasi dan arang aktif, adsorben modifikasi asam memiliki efektivitas yang paling baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai kapasitas dan efisiensi adsorpsi tertinggi pada larutan tunggal zat warna Cibacron Red serta efisiensi adsorpsi tertinggi pada limbah industri tekstil yang diadsorpsi menggunakan adsorben modifikasi asam. Tipe isoterm yang dianut oleh adsorben tanpa modifikasi, modifikasi asam, dan arang aktif yaitu tipe isoterm Freundlich. Isoterm Freundlich mengasumsikan adsorpsi fase padat-cair berlangsung secara adsorpsi banyak lapisan, selain itu hanya ada beberapa sisi aktif saja yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah. 2006. Biosorpsi biru metilena oleh ganggang cokelat (*Sargassum binderi*) [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Azhar SS, Liew AG, Suhardy D, Hafiz KF, Hatim MD. 2005. Dye removal from aqueous solution by using adsorption on treated sugarcane bagasse. *American Journal of Applied Sciences* 11:1499-1503.
- Barros JLM, Macedo GR, Duarte MML, Silva EP, Lobato AKCL. 2003. Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Braz J Chem Eng* 20:1-17.
- Badan Pusat Statistik Jawa Barat. 2006. *Luas Areal dan Produksi Perkebunan Besar Negara Menurut Jenis Tanaman di Jawa Barat*. [terhubung berkala]. <http://jabar.bps.go.id/update2007/Food%20Crops%20Statistica/htm>. [10 Mar 2008].
- Ciba. 2002. Cibacron red B-E. [terhubung berkala]. [http://agrippina.bcs.deakin.edu.au/bcs\\_admin/msds/msds\\_docs/Cibacron%20Red%20B-E.pdf](http://agrippina.bcs.deakin.edu.au/bcs_admin/msds/msds_docs/Cibacron%20Red%20B-E.pdf). [15 Mei 2008].
- [Depkes]. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.416/Men.kes/Per./IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta: Depkes.
- Gufta FK. 1998. Utilization of bagasse fly ash generated in the sugar industry for removal and recovery of phenol and p-Nitrophenol from wastewater. *J Chem Technol Biotechnol* 70: 180-186.

- Jagson CL. 2008. Reactive dyes. [terhubung berkala]. <http://www.jagson.com.htm>. [10 Apr 2008].
- Jason PP. 2004. Activated carbon and some application for the remediation of soil and groundwater pollution. [terhubung berkala]. [http://www.cee.vet.edu/program\\_areas](http://www.cee.vet.edu/program_areas). [25 Jan 2008].
- Kaur S, Walia TPS, Mahajan RK. 2008. Comparative studies of zinc, cadmium, lead, and copper on economically viable adsorbents. *J environ Eng Sci* 7:1-8.
- Manurung R, Hasibuan R, Irvan. 2004. Perombakan zat warna azo reaktif secara anaerob-aerob [Karya tulis]. Sumatera Utara: Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
- Marshall WE, Mitchell M J. 1996. Agriculture by-product as metal adsorbent: Sorption properties and resistance to mechanical abrasion. *J Chem Techn Biotechnol* 66: 192-198.
- Sembiring ST, Sinaga TS. 2003. Arang Aktif. *USU digital library*. 1-9.
- Sulistiyawati S. 2008. Modifikasi tongkol jagung sebagai adsorben logam berat Pb (II) [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Tchobanoglous G, Franklin LB. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Singapura: McGraw-Hill.
- Witono JA. 2003. Produksi Furfural Dan Turunannya : Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia. [terhubung berkala]. <http://www.chemistry.org/?sect=focus&ext=15>. [19 Feb 2008].

penggunaan pakan ternak berbahan baku lokal sangat diperlukan (Suharto, 2004). Apabila tanaman kimpul ini dapat ditanam di bawah tegakan dengan asumsi produktivitasnya 20 ton ha<sup>-1</sup>, maka Jawa Tengah, mialnya saja dapat menyediakan karbohidrat sebesar 4,4 juta ton tahun<sup>-1</sup>.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pimpinan dan karyawan Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah yang memberi fasilitas tempat penelitian. Juga kepada Prof. Dr. Ir. Yogi Sugito, Prof. Dr. Ir. Bambang Guritno dan Prof. Ir. Eko Handayanto, MSc., Ph.D. atas bimbingannya.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aslam, M., S.B. Lowe, and L.A. Hunt. 1977. Effect of Leaf Age on Photosynthesis and Transpiration of Cassava (*Manihot esculenta*). Can .J. Bot. 55 : 2288 – 2295.
- Bojrkman. O and J. Beviyo. 1980. Photosynthetic Response to Temperatur in Higher Plants. Annu. Rev. Plant Physial. 31 : 491 – 543
- Bojrkman. O and P. Holmgram. 1966. Photosynthetic Adaptation to Light Intensity in Plants Native to Shaded and Exposed Habitats. Physical Plant. 19 : 854 – 889.
- Bowes, C., W.L. Ogren, R.H. Hageman. 1972. Light Saturation, Photosynthesis Rate, RuDP Carboxylase Activity and Specific Leaf Weight in Soybean Grown Under Different Light Intencities. Crop Sci.12:77-79.
- Cannell, M. G. R. 1983. Plant Population and Yield of Three and Herbaceous Crops In : Huxley, P.A. (ed). Plant Research and Agroforestry. ICRAF. Nairobi, Kenya. Pp. 489 – 502.
- Chambers. 1979. Klimatologi Pertanian Dasar. Departemen Ilmu-ilmu Pengetahuan Alam. Fakultas Pertanian. IPB.
- El Sharkawy, M.A., S.M. De Tofur, and L.F. Cadavid. 1992. Potential Photosynthesis of Cassava as Affected by Growth Condition. Crop Sci. 32 : 1336 – 1342.
- Flach, M. and F. Rumawas. 1996. Plants Yielding Non Seed Carbohydrates. In Plant Resources of South East Asia. Prosea. Bogor.
- Hidema, J., A. Makino, Y.Kurita, Mae and K. Ojima. 1992. Change in the Level of Chlorophyll and Light-Harvesting Chlorophyll a/b Protein of PS II in Rice Leaves Aged Under Different Irradiances from Full Expantion throught Senescence. Plant Cell Physiol. 38 (8): 1209-1214.
- Horton, D. 1988. Underground Crops. Long-term Trends in Production of Roots and Tubers. Winrock International.
- Igbokwe, M.C., O.B. Arene, T.C. Ndubizu and E.E. Umana. 1983. Intercropping Cocoyam with Plantain Effects on The Yield and Disease of Cocoyam in E.R. Terry, E.V. Doku, O.B. Arene, and N.M. Mahungu (eds). Tropical Root Crops : Production and User in Africa. Proc. Sec. Trien. Symp. Intl. Society for Tropical Root Crops. Cameron. p. 182 – 184.
- IBPGR. 1989. Descriptors for Xanthosoma. Rome.

- Kappel, F. and J.A. Flore. 1983. Effect of Shade on Photosynthesis, Specific Leaf Weight, Leaf Chlorophyll Content, and Morphology of Young Peach Trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108 (4) : 541 – 544.
- Kay, D.E. 1987. *Root Crops : Crop and Product Digest*. Tropical Development and Research Institute. London. Second Edition.
- Lawlor, D.W. 1989. *Photosynthesis: Metabolism, Control and Physiology*. English Language Book Society/Longman. Singapore (Pte) Ltd. 261. hal.
- Riady, M. 2004. Tantangan dan Peluang Peningkatan Produksi Sapi Potong Menuju 2020 *dalam* Setiadi. B dkk. (eds), Proc. Lokakarya Nasional Sapi Potong Puslitbang – Balitbang. 3 – 6.
- Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. Wads Worth Publishing Co., A Division of Wads Worth, Inc. Lukman, D.R. dan Sumaryono (penterjemah). 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. Jilid 2. ITB. Bandung.
- Servaites, J.C. 1990. Inhibition of Ribulase 1,5–Bisphosphate Carboxylase/Oxygenase by 2–Carboxyarabinitol–1–Phosphate. *Plant Physiol.* 92 : 867 – 870.
- Sigh, M., W.L. Ogren and J.M. Widholm. P. 1974. Photosynthetic Characteristics of Several C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> Plant Species Grown Under Different Light Intensities.
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Gajah Mada University Press.
- Sovan, M. 2004. Kebijakan Pengembangan Komoditas Kacang-kacangan dan Umbi-Umbian Guna Meningkatkan Daya Saing Petani. Makalah Seminar Teknologi Inovatif Komoditas Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian Mendukung Agribisnis Secara Berkelanjutan. Balitbang Malang, 5 Oktober 2004.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hill, Inc. Sumantri, B. (penterjemah). 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Suharto, M. 2004. Dukungan Teknologi Pakan dalam Usaha Sapi Potong Berbasis Sumberdaya Lokal *dalam* Setiadi, B. dkk (eds), Proc. Lokakarya Nasional Sapi Potong. Puslitbangnas. Balitbang. P. 14 – 21.
- Tanaka, A. and A.Melis. 1997. Irradiance Dependent Change in The Size and Composition of The Chlorophyll a-b Light Harvesting Complex in The Green Alga *Dunaliella Salina*. *Plant Cell Physiol.* 38 (1): 17-24.
- Terao, F. and Kato. 1996. Antenna Size of Photosystem I and Photosystem II in Chlorophyll b. Deficient Mutants of Rice Evidence for An Antenna Function of Photosystem II Centers That Are Inactive in Electron Transport. *Plant Cell Physiol.* 37 (3): 307-312.
- Wirawati, T., D. Soepandie, B.S. Purwoko, K. Suketi, I.H. Soemantri, I.S. Dewi dan Minantyorini. 2001. Seleksi Adaptasi Plasma Nutfah Talas (*Colocasia esculenta*, L. Schott) terhadap Intensitas Cahaya Rendah untuk Mendukung Pola Tumpangsari dalam Upaya Pengadaan Diversifikasi Pangan. Makalah Disampaikan pada Kongres VI dan Simposium Nasional PERIPI. Yogyakarta.
- Witono, J.R. 2003. Struktur Epidermis Daun *Pinanga conorata* (Blume ex Mart) Blume (Palmae) di Jawa dan Bali. *Biodiversitas* 4 (2) : 89-92.
- Xia, M. Z. 1995. Effect of Shading on Nodule Growth and Seed Yield in Faba Bean (*Vicia faba*). *Trop. Agriculture (Trinidad)* 72 (4): 290-296.
- Yogi Sugito. 1999. *Ekologi Tanaman*. Fakultas Pertanian Unibraw.