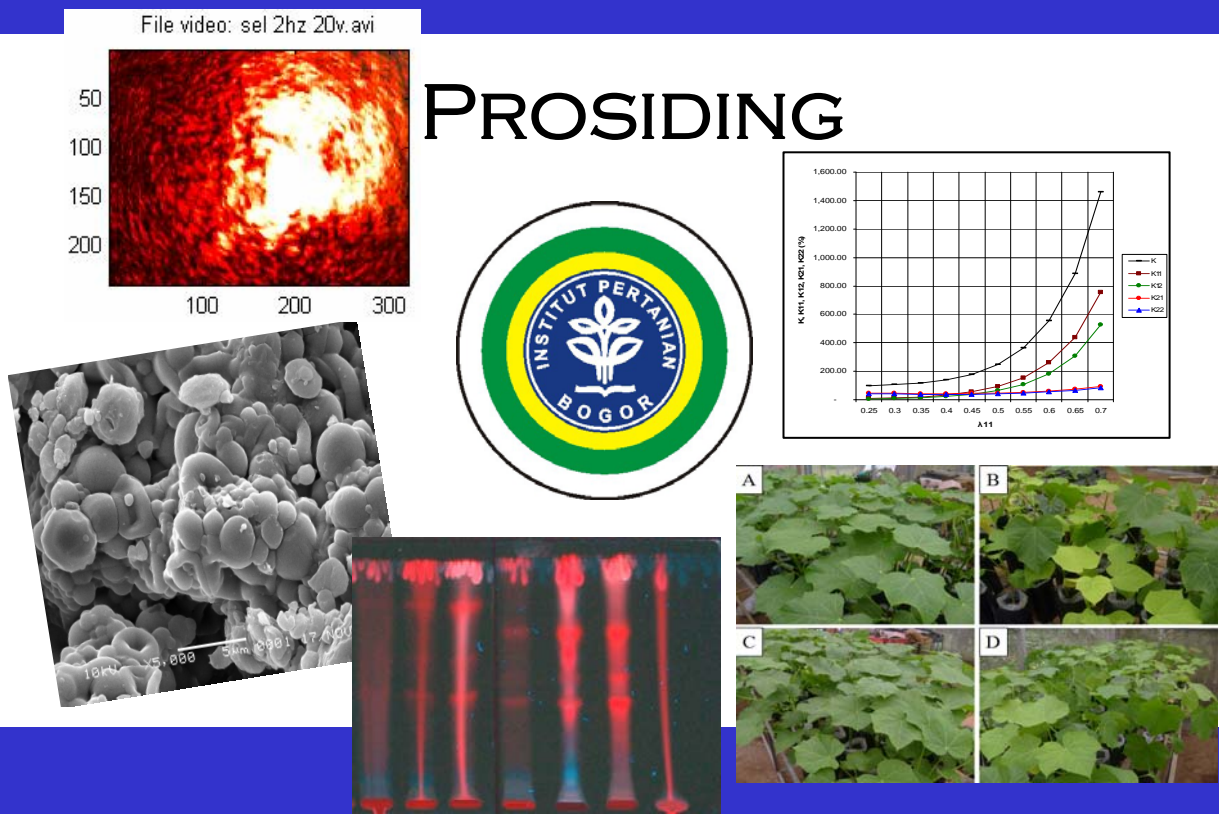


SEMINAR NASIONAL SAINS III 13 NOVEMBER 2010

Sains Sebagai Landasan Inovasi Teknologi dalam Pertanian dan Industri



BOGOR, DESEMBER 2010



ISBN: 978-979-95093-6-9

SEMINAR NASIONAL SAINS III

13 NOVEMBER 2010

Sains Sebagai Landasan Inovasi Teknologi dalam Pertanian dan Industri

PROSIDING

DEWAN EDITOR

ENCE DARMO JAYA SUPENA
ENDAR HASAFAH NUGRAHANI
HAMIM
HASIM
INDAHWATI
KIAGUS DAHLAN



**Fakultas MIPA – Institut Pertanian Bogor
bekerja sama dengan
MIPAnet**



2010

Copyright© 2010

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Institut Pertanian Bogor (IPB)
Prosiding Seminar Nasional Sains III ***"Sains Sebagai Landasan Inovasi Teknologi
dalam Pertanian dan Industri"*** di Bogor pada tanggal 13 November 2010

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

Telp/Fax: 0251-8625481/8625708

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

Terbit 30 Desember 2010

ix + 427 halaman

ISBN: 978-979-95093-6-9

KATA PENGANTAR

Ketahanan pangan dan kemandirian energi merupakan isu sentral nasional dan dunia untuk mengimbangi terus bertambahnya jumlah penduduk, semakin menyempitnya lahan yang disertai tidak terlalu signifikannya peningkatan produktivitas pertanian, ditambah lagi dengan masalah global menurunnya kualitas lingkungan. Untuk mengatasi permasalahan-permasalahan ini tentunya dibutuhkan inovasi-inovasi. Inovasi akan menjadi lebih bermakna dan berhasil guna bila berlandaskan kepada sains dan teknologi.

Banyak perguruan tinggi dan lembaga litbang departemen atau bahkan divisi litbang di perusahaan terus melakukan penelitian dan pengembangan yang didasarkan pada pemanfaatan dan pengembangan sains dan teknologi untuk mengembangkan dan menghasilkan inovasi-inovasi dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas serta meningkatkan nilai tambah. Seminar Nasional Sains III (2010) yang diselenggarakan atas kerjasama FMIPA-IPB dan MIPAnet, diharapkan menjadi sarana dan upaya untuk menjalin komunikasi antar pelaku dan institusi yang terlibat untuk mengoptimalkan pemanfaatan sains sebagai landasan dalam mengembangkan dan menghasilkan inovasi-inovasi dalam upaya menjawab tantangan ketahanan pangan dan kemandirian energi. MIPAnet adalah Jaringan Kerjasama Nasional Lembaga Pendidikan Tinggi Bidang MIPA yang didirikan pada tanggal 23 Oktober 2000.

Makalah-makalah hasil penelitian dipresentasikan pada empat kelas paralel yaitu *Biological Science, Biochemistry, Chemistry*, serta *Physics & Mathematical Science*. 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 dan MIPAnet yang telah mendukung penuh kegiatan Seminar Nasional Sains III ini. Juga kepada Panitia Seminar, para mahasiswa, 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, Desember 2010

Dekan FMIPA-IPB,

Dr. drh Hasim, DEA

DAFTAR ISI

No.	Penulis	Judul	Hal
Biological Science			1
1	Turati, Miftahudin, Ida Hanarida	Penapisan Galur-galur Padi Toleran Cekaman Aluminium pada Populasi RIL F7 Hasil Persilangan antara Padi Var IR64 dan Hawara Bunar	2
2	Dedi Suryadi, Miftahudin, Ida Hanarida	Penapisan Galur-galur Padi Toleran Cekaman Besi pada Populasi RIL F7 Hasil Persilangan antara Padi Var IR64 dan Hawara Bunar	12
3	Riana Murti Handayani, Gayuh Rahayu, Jonner Situmorang	Interaksi Kultur Tunas <i>in vitro</i> <i>Aquilaria</i> spp. dengan Hifomiset (<i>Acremonium</i> spp.)	19
4	Ahmad Basri, Hamim, Nampiah Sukarno	Teknik Perkecambahan dan Respon Beberapa Aksesori Jarak Pagar terhadap Aplikasi Pupuk Hayati Selama Pemantapan Bibit	28
5	Martha Sari, Hamim	Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i> L.) sebagai Sumber Senyawa Metabolit Sekunder Antimikrob Alternatif	36
6	Jeni, Hamim, Aris Tjahjoleksono, Ida Hanarida Soemantri	Viabilitas dan Efektifitas Pupuk Hayati dari Beberapa Teknik Pengeringan dan Lama Penyimpanan	50
7	Risa Swandari Wijihastuti, Tatik Chikmawati, Miftahudin	Optimasi Lingkungan Tumbuh Mikroalga dari Kawah Ratu Sukabumi yang Berpotensi sebagai Sumber Biodiesel	61
8	Suprihatin, Muhammad Romli, Andes Ismayana	Kajian Produksi Mikroalga dengan Media Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan	68
9	Yahmi Ira Setyaningrum, Hamim, Dorly	Respon Morfologi Buah dan Kemunculan Getah Kuning terhadap Aplikasi Kalsium secara Eksternal pada Buah Manggis (<i>Garcinia mangostana</i>)	80
10	Ari Fina Bintarti, Iman Rusmana, Dave B. Nedwell	Aktivitas Oksidasi Metan dan Akumulasi Ammonium Isolat Bakteri Metanotrof Asal Sawah	89
11	Anthoni Agustien	Produksi Protease Serin dari Sel Amobil <i>Brevibacillus agri</i> A-03 dengan Matriks Alginat	99
12	Rahmat Hidayat, Usamah Afiff, Fachriyan Hasmi Pasaribu	Pemeriksaan Serologik Brucellosis dan Mikrobiologik Susu di Peternakan Sapi Perah Kabupaten Bogor dan Sukabumi	108

No.	Penulis	Judul	Hal
13	Tania June	Perubahan Iklim: Observasi Fungsi <i>Supply</i> dan <i>Demand</i> terhadap CO ₂ pada Tanaman dan Implikasinya	118
14	Baba Barus, U. Sudadi, B. Tahjono, L.O.S. Iman	Pengembangan Geoindikator untuk Penataan Ruang	133
15	Wien Kusharyoto, Martha Sari	Ekspresi Fragmen Antibodi Fab yang Spesifik terhadap Virus Dengue DEN-2 di <i>Escherichia coli</i>	145
Biochemistry			153
1	Dyah Iswantini, Latifah K Darusman, Lany Yulinda	Daya Inhibisi Ekstrak Pegagan, Kumis kucing, Sambilotto dan Tempuyung terhadap Aktivitas ACE secara <i>In vitro</i>	154
2	Christofferus SY, Dyah Iswantini	Daya Inhibisi Ekstrak Rimpang Jahe Merah dan Kulit Kayu Manis terhadap Aktivitas Enzim Siklooksigenase-2 dan Enzim Xantin Oksidase secara <i>In vitro</i>	163
3	Anggi Susanti, Dyah Iswantini	Kinetika Inhibisi Ekstrak Tempuyung (<i>Sonchus oleracea</i> L.) terhadap Enzim Xantin Oksidase secara <i>In Vitro</i>	172
4	Dyah Iswantini, Deden Saprudin, R Aghyar Rudita	Pengaruh Ekstrak Bangle (<i>Zingiber cassumunar</i> Roxb.) terhadap Aktivitas Enzim Kolesterol Oksidase secara <i>In vitro</i>	181
5	Rini Madyastuti Purwono, Bayu Febram Prasetyo, Ietje Wientarsih	Aktivitas Diuretik Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanol Daun Alpukat (<i>Persea americana</i> mill.) pada Tikus Sprague-Dawley	190
6	Eti Rohaeti, Irmanida Batubara, Anastasia Lieke LDN, Latifah K Darusman	Potensi Ekstrak <i>Rhizophora sp</i> sebagai Inhibitor Tirosinase	196
7	Popi Asri Kurniatin, Laksmi Ambarsari, Juliana	Komposisi dan Aktivitas Bioflokulan dari <i>Flavobacterium sp.</i>	202
Chemistry			212
1	Muhammad Bachri Amran	Metoda Analisis Ion Besi Berbasis <i>Cyclic-Flow Injection Analysis</i> (cy-FIA) sebagai Suatu Usaha Menuju Analisis Kimia Ramah Lingkungan (<i>Green Analytical Chemistry</i>)	213

No.	Penulis	Judul	Hal
2	Purwantiningsih Sugita, Tuti Wukirsari, Tetty Kemala, Bayu Dwi Aryanto	Perilaku Disolusi Mikrokapsul Ketoprofen-Alginat Berdasarkan Ragam Konsentrasi Surfaktan	221
3	Purwantiningsih Sugita, Yunia Anggi Setyani, Tuti Wukirsari, Bambang Srijanto	Dissolution Behavior of Ketoprofen Double Coated by Chitosan-Gum Guar with Alginat-CaCl ₂	230
4	Dwi Wahyono, Purwantiningsih Sugita, Laksmi Ambarsari	Sintesis Nanopartikel Kitosan dengan Metode Ultrasonikasi dan Sentrifugasi serta Karakterisasinya	241
5	Siti Latifah, Purwantiningsih Sugita, Bambang Srijanto	Stabilitas Mikrokapsul Ketoprofen Tersalut Kitosan-Alginat	248
6	Salih Muharam, Purwantiningsih Sugita, Armi Wulanawati	Adsorption of Au (III) onto Chitosan Glutaraldehyde Cross-linked in Cyanide Solution	260
7	Wulandari Kencana Wardani, Purwantiningsih Sugita, Bambang Srijanto	Sintesis dan Karakterisasi Glukosamina Hidroklorida Berbasis Kitosan	271
8	Setyoningsih, Akhiruddin M, Deden S	Kajian Penggunaan Asam Oleat dan Teknik Hidrotermal pada Sintesis Nanokristal Magnetit	282
9	Sugiarti, S.; Abidin, Z.; Shofwatunnisaa ; Widyastana, P.; Hediana, N	Sintesis Nanokomposit Beberapa Material Clay/TiO ₂ dari Bahan Dasar Kaolin Indonesia	288
10	Sugiarti, S.; Abidin, Z.; Henmi, T	Zeolit/TiO ₂ Nanokomposit sebagai Fotokatalis pada Penguraian Biru Metilena	298
11	Syafii, F; Sugiarti, S; Charlena	Modifikasi Zeolit Melalui Interaksi dengan Fe(OH) ₃ untuk Meningkatkan Kapasitas Tukar Anion	307
Physics			316
1	Wiwis S., Agus Rubiyanto	Pengembangan Metode Penyetabil Sumber Cahaya Laser He-Ne dengan Menggunakan Plat $\lambda/4$	317
2	Harmadi, Gatut Yudoyono, Mitraryana, Agus Rubiyanto, Suhariningsih	Pola Spekel Akusto-Optik untuk Pendeteksian Getaran (<i>Vibrasi</i>) Akustik pada Objek yang Bergetar	322

No.	Penulis	Judul	Hal
3	Stepanus Sahala S.	Alat Peraga Fisika Menggunakan <i>Interfacing</i> Sensor Cahaya dengan Stopwatch pada Percobaan Gerak Jatuh Bebas dalam Pembelajaran Fisika	331
4	Akhiruddin Maddu, Deni Christopel Pane, Setyanto Tri Wahyudi	Pengaruh Konsentrasi Dopan HCl pada Polianilin terhadap Karakteristik Sensor Gas Amonia (NH ₃)	341
5	M.N. Indro, R. Permatasari, A. Insani	Pembuatan Nano Alloy MgNi dengan Teknik <i>Ball Milling</i>	349
6	Rani Chahyani, Zahroul Athiyah, Kiagus Dahlan	Sintesis dan Karakterisasi Membran Polisulfon Didadah Karbon Aktif untuk Filtrasi Air	354
7	Abdul Djamil Husin, M. Misbakhussudur, Irzaman, Jajang Juansah, Sobri Effendy	Pemanfaatan dan Kajian Termal Tungku Sekam untuk Penyulingan Minyak Atsiri dari Daun Cengkeh sebagai Pengembangan Produk dan Energi Alternatif Terbarukan	364
8	S.U. Dewi, K. Dahlan, R.S. Rahayu, B.M. Bachtiar	Pengujian <i>Biphasic Calcium Phosphate</i> (BCP) dalam Sel Fibroblas	373

Mathematical Science

			381
1	Tri Handhika, Murni	Kajian Stabilitas Model Tingkat Bunga Rendleman-Bartter	382
2	Agus Santoso	Randomisasi Pemilihan Butir Awal pada Algoritma <i>Computerized Adaptive Test</i> sebagai Upaya Mengurangi <i>Item Exposure</i>	391
3	Endar H. Nugrahani	Pengaruh Parameter Tingkat Produktivitas Manusia pada Model Pertumbuhan Ekonomi Regional	401
4	Mohammad Masjkur	Perbandingan Metode Peragam Papadakis Rancangan <i>Nearest Neighbour</i>	410
5	Mohammad Masjkur	Perbandingan Rancangan Spasial <i>Nearest Neighbour</i> dan Rancangan Acak Kelompok Percobaan Pemupukan Padi Sawah	419

CHEMISTRY

ADSORPTION OF Au (III) ONTO CHITOSAN GLUTARALDEHYDE CROSS-LINKED IN CYANIDE SOLUTION

Salih Muharam¹, Purwantiningsih Sugita², Armi Wulanawati²

¹Universitas Muhammadiyah Sukabumi

²Departemen Kimia FMIPA IPB, Gedung Fapet W2 Lt 4-5 Jl Agatis Kampus IPB Darmaga

Abstract

Chitosan flake-cross-linked by glutaraldehyde as an adsorbent has been done to investigate the adsorption of Au (III) from cyanide solution. Batch adsorption system was carried out by three of various parameters, such as pH, contact time and adsorbent dosage. The experimental design used Box Menken response surface. The result showed that Chitosan flake cross-linked by glutaraldehyde 4% has Au adsorption capacity more than 96% at condition pH, contact time and dosage were 2, 120 minutes and 0.8750 g, respectively. It resulted chemical properties such as isotherm model, kinetic order and thermodynamic were Freundlich isotherm, pseudo-second-order, spontaneous and exothermic, respectively. The desorption process showed that Chitosan flake cross-linked by glutaraldehyde was not selective to adsorb of Au (III) cyanide ions.

Keywords: Cross-linked Chitosan, Au (III) cyanide ions, isotherm, kinetic, thermodynamic

1. PENDAHULUAN

Sumber bijih logam Emas (Au) di alam jumlahnya sedikit, sedangkan kebutuhan akan logam Au untuk industri meningkat, sehingga diperlukan suatu metoda ekstraksi logam Au dengan perolehan yang tinggi. Salah satu metoda yang umum digunakan untuk memperoleh logam Au adalah ekstraksi pelarut menggunakan larutan sianida yang dikenal dengan proses sianidasi (Wilson dan Monhemius 2006). Pada proses sianidasi terdapat dua tahap penting yaitu proses pelarutan dan proses adsorpsi (pemisahan logam Au). Pada proses pelarutan, pelarut yang umum digunakan untuk mengekstraksi logam Au dari bijih emas adalah NaCN dengan cara membentuk kompleks disianoaurat ($[Au(CN)_2]^-$) yang stabil pada kondisi asam dan basa (Deschenes 2005).

Pada proses adsorpsi umumnya digunakan karbon aktif, namun pada prosesnya karbon aktif mengalami kerusakan dikarenakan gesekan antar partikel karbon pada saat pengadukan menghasilkan karbon halus (*carbon fine*) yang lolos pada proses penyaringan dan terbawa sebagai *tailing*, yang berarti pula kehilangan emas yang terikat pada karbon. Selain itu, karbon aktif harganya mahal (Bhattacharya dan Venkobachar 1984 dan Wang *et al.* 2003 dalam Wu *et al.* 2010) dan selektivitas rendah, sukar dielusi dan membutuhkan reaktivasi (Garcia 1997). Penelitian ini bertujuan mengoptimasi proses

adsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ oleh kitosan bertaut silang glutaraldehida (kitosan-GA) dan mempelajari mekanisme, kinetika, termodinamika adsorpsi dan karakteristik struktur dan kristalinitasnya untuk dijadikan model adsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$, sehingga diharapkan menjadi adsorben alternatif yang dapat mengatasi kelemahan dari karbon aktif.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah termometer, neraca analitik, spektrofotometer serapan atom (AAS Varians), XRD (Shimadzu: model XRD-7000 Maxima), SEM (Jeol: model JSM-6510LA), *hot plate-steerer*, alat pengaduk (*shaker*), dan pH meter. Bahan-bahan yang digunakan adalah kitosan serpih (derajat deasetilasi 73% dan BM 3200 kD), $\text{H}[\text{Au}(\text{Cl})_4]$ 1000 mg/L, HCl, NaOH, NaCN, Glutaraldehida (GA), CH_3COOH glacial, HNO_3 , dan H_2SO_4 96%.

2.2. Pembuatan Kitosan Bertaut Silang Glutaraldehida

Metoda yang digunakan untuk memodifikasi serpih kitosan dengan variasi glutaraldehida 0%, 2.5% dan 4% berdasarkan metoda Peirano *et al.* 2003.

2.3. Pemilihan Kitosan

Serpih kitosan sejumlah 1g tanpa GA dan serpih kitosan-GA (2.5% dan 4%) dengan ukuran 14 dan 35 mesh masing-masing ditambahkan pada 50 mL larutan $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ 10 ppm, diaduk pada pH 2, waktu kontak 6 jam dan suhu kamar. Selanjutnya disaring dan kadar Au dalam filtrat dianalisis oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm. Percobaan yang sama dilakukan pada karbon aktif. Selanjutnya setiap serpih kitosan tanpa GA dan kitosan-GA diuji kelarutannya dalam asam dengan prosedur sesuai dengan metode Chen *et al.* 2007 sebagai berikut : masing-masing dimasukkan ke dalam HCl 6N, HNO_3 5%, H_2SO_4 5%, CH_3COOH 2%, HNO_3 pekat, dan H_2SO_4 pekat dengan rasio kitosan/asam-basa 10% (b/v) selama 24 jam dengan pengadukan pada suhu ruang. Serpih kitosan-GA yang terpilih akan digunakan untuk optimasi proses adsorpsi selanjutnya.

2.4. Optimasi Adsorpsi

Optimasi proses adsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ oleh kitosan-GA menggunakan metoda *batch* dengan parameter optimasi adalah waktu kontak, pH, dan dosis adsorben dan metode rancangan percobaannya menggunakan *response surface box behnken*. Kitosan-GA terpilih dimasukkan ke dalam 50 mL larutan $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ 10 mg/L, kemudian diaduk pada

kondisi percobaan sesuai rancangan percobaan *box behnken*. Setelah itu disaring dan kadar Au dalam filtrat dianalisis oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm

2.5. Isotermal dan Kinetika Adsorpsi

Kitosan-GA dimasukkan ke dalam 50 mL larutan $\text{Au}[(\text{CN})_4]^-$ dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160 mg/L, kemudian diaduk pada kondisi optimal dan suhu kamar. Setelah itu disaring dan kadar Au dalam filtrat dianalisis oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm. Percobaan pengaruh konsentrasi awal larutan $\text{Au}[(\text{CN})_4]^-$ terhadap kinetika adsorpsi dilakukan sebagai berikut: kitosan-GA masing-masing dimasukkan ke dalam 50 mL larutan $\text{Au}[(\text{CN})_4]^-$ dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50 mg/L kemudian diaduk pada kondisi optimal pada suhu kamar (30 °C). Pada selang waktu 150 menit setiap 30 menit 10 mL aliquot diambil, selanjutnya dianalisis kadar Au dalam setiap aliquot oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm. Percobaan pengaruh suhu terhadap kinetika adsorpsi dilakukan sebagai berikut: kitosan-GA masing-masing dimasukkan ke dalam 50 mL larutan $\text{Au}[(\text{CN})_4]^-$ dengan konsentrasi 10 mg/L kemudian diaduk pada kondisi optimal pada suhu 30, 40, 50 dan 60 °C. Pada selang waktu 150 menit setiap 30 menit 10 mL aliquot di ambil, selanjutnya dianalisis kadar Au dalam setiap aliquot oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm.

2.6. Penelitian Desorpsi

Sejumlah konsentrasi Au dalam larutan sianida diadsorpsi oleh kitosan pada 220 rpm, suhu kamar selama 2 jam. Kitosan-GA yang mengandung Au di saring dan dikeringkan. Kadar Au dalam filtrat dianalisis oleh spectrometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm. Hasil analisis kadar Au dalam filtrat digunakan untuk menentukan jumlah Au yang ada dalam kitosan (kitosan-GA-Au). Uji elusi dilakukan dengan pengadukan sejumlah kitosan-GA-Au pada larutan 50 mL NaCN 1% pada suhu kamar dan dalam setiap 30 menit diambil 10 mL aliquot pada selang waktu 2 jam. Selanjutnya dianalisis kadar Au dalam setiap aliquot oleh spektrofotometer serapan atom pada $\lambda = 242.8$ nm.

2.7. Karakterisasi Material

Kitosan sebelum perlakuan, kitosan-GA dan kitosan-GA setelah diperlakukan dengan larutan $\text{Au}[(\text{CN})_4]^-$ (kitosan-Ga-Au) dikarakterisasi sifat kristalinitasnya dan morfologinya menggunakan difraktometer sinar X dan SEM (*scanning electron microscope*).

2.8. Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data menggunakan analisis *respon surface* dan regresi linier menggunakan software Minitab 7.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemilihan Material

Hasil uji kemampuan adsorpsi $[Au(CN)_4]^-$ dengan konsentrasi 10 mg/L oleh kitosan-GA dibandingkan dengan karbon aktif pada pH 2 diperlihatkan pada Tabel 1. Kapasitas dan persen adsorpsi Au dari serpih kitosan dan karbon aktif menunjukkan bahwa kapasitas dan persen adsorpsi kedua material terhadap $[Au(CN)_4]^-$ tidak ada perbedaan signifikan. Proses desorpsi atau elusi ion logam umumnya menggunakan pelarut asam atau basa. adsorben yang menguntungkan harus dapat digunakan kembali dan tahan terhadap kondisi ekstrim, sehingga penting dilakukan uji kelarutan dalam berbagai konsentrasi asam-asam mineral sebelum digunakan lebih lanjut dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Kapasitas dan persen adsorpsi serpih kitosan-GA dan karbon aktif terhadap $[Au(CN)_4]^-$

Material	GA (%)	Ukuran (mess)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	% adsorpsi
Kitosan	0	14	0.306	61.811
	2.5	14	0.489	97.874
		35	0.490	98.059
	4	14	0.480	96.962
35		0.482	97.786	
Karbon aktif		14	0.496	99.226
		35	0.494	99.203

Tabel 2 menunjukkan bahwa serpih kitosan-GA 2.5% dan 4% tidak larut dalam pelarut CH_3COOH encer, H_2SO_4 encer, HNO_3 encer dan HCl 6N. Serpih kitosan-GA 4% memperlihatkan ketahanannya dalam berbagai asam dan tidak pecah dibandingkan serpih kitosan-GA 2.5%. Maka berdasarkan hasil penelitian ketahanan terhadap kondisi ekstrim (tahan pada pH sangat rendah).maka pada penelitian selanjutnya bentuk kitosan yang digunakan adalah serpih kitosan-GA 4%.

Tabel 2 Kelarutan serpih kitosan-GA pada berbagai pelarut asam

Kitosan	Kelarutan dalam						
	GA(%)	HCl6N	HNO_3 pekat	H_2SO_4 Pekat	CH_3COOH 2%	HNO_3 5%	H_2SO_4 5%
Serpih	2.5	-*	+/-	-*	-	-	-
	4.0	-	+/-	+/-	-	-	-

Keterangan: (+) larut; (-) tidak larut; (+/-) larut sebagian; * Pecah

3.2. Optimasi Adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh Serpih Kitosan-GA 4%

Hasil optimasi tahap 1 proses adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% berada pada rentang pH 1-6, waktu >100 menit dan bobot kitosan 0.75-1 g. Dari daerah optimal tersebut diperoleh daerah optimal yang lebih efisien pada waktu = 120 menit pH = 2 dan dosis = 0.875 g. Daerah optimal ini ternyata cukup efisien jika dibandingkan dengan hasil penelitian Aworn *et al* 2005 dan Soleimani *et al* 2008 yang ditunjukkan pada Tabel 3. Penelitian isotermal dan kinetika adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh kitosan-GA 4% selanjutnya dilakukan pada kondisi ini.

Tabel 3 Perbandingan parameter optimal adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% abu terbang dan karbon aktif

Adsorben	Kode	Adsorbat	Waktu kontak (menit)	pH	Dosis(g)	% ads
Kitosan-GA 4%	KG	[Au(CN)₄]⁻	90-120	2	0.875	97.612
Abu terbang	AT	[Au(CN) ₂] ⁻	120	10-11	2.25-7.5	86.000
Karbon aktif	KAA/KAK	[Au(CN) ₂] ⁻	180	10.5	1.000	98.000

3.3. Isotermal Adsorpsi [Au(CN)₄]⁻

Data percobaan adsorpsi isotermal [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% dianalisis oleh dua model isotermal adsorpsi yaitu model Langmuir dan Freundlich. Tabel 4 menunjukkan model isotermal Freundlich lebih baik dibandingkan model Langmuir, terlihat dari koefisien korelasinya lebih besar, sehingga proses didominasi oleh adsorpsi multilayer (heterogen). Isotermal Freundlich disebut juga adsorpsi fisika yang terjadi bila gaya intramolekul lebih besar dari gaya tarik antar molekul. Sehingga dapat diduga proses adsorpsi ion Au berupa interaksi ion-ion (pertukaran ion) atau penjerapan (*entrapment*) atau kombinasi keduanya. Parameter lain yang menentukan proses adsorpsi akan menguntungkan adalah R_L. R_L merupakan parameter kesetimbangan atau dimensi adsorpsi, dimana jika R_L>1 proses adsorpsi tidak menguntungkan; R_L = 1 proses adsorpsi linier; 0<R_L<1 proses adsorpsi menguntungkan dan R_L = 0 proses adsorpsi ireversibel. Tabel 4 menunjukkan nilai R_L serpih kitosan-GA 4%, abu terbang dan karbon aktif berada pada rentang 0<R_L<1 yang mengindikasikan proses adsorpsi terhadap Au-sianida adalah menguntungkan, akan tetapi jika dibandingkan, serpih kitosan-GA 4% lebih menguntungkan, dimana nilai R_L lebih besar dan berada pada nilai tengah pada rentang 0<R_L<1, hal ini mengindikasikan proses adsorpsi-desorpsi berjalan seimbang. Sebaliknya pada karbon aktif nilai R_L cenderung mendekati 0 dan nilai b besar, hal ini mengindikasikan proses adsorpsinya mudah terjadi, tetapi adsorbat cenderung sukar didesorpsi.

Tabel 4 Perbandingan parameter isotermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich Au-sianida oleh serpih kitosan-GA 4%

Adsorben	Adsorbat	Suhu (°C)	Langmuir				Freundlich			Referensi
			q _e	b (1/mg)	R ²	R _L	K _f	1/n	R ²	
KG	[Au(CN)₄]⁻	30	6.172	0.1142	0.964	0.466	1.0477	0.422	0.968	
AT	[Au(CN) ₂] ⁻	30	7.79	0.102	0.990	0.203	0.962	0.555	0.995	Aworn <i>et al</i> 2005
KAA	[Au(CN) ₂] ⁻	25	6.028	0.180	0.879	0.217	1.254	0.451	0.981	Soleimani <i>et al</i> 2008
KAK	[Au(CN) ₂] ⁻	30	60.95	0.307	0.990	0.078	14.455	0.412	0.983	Aworn <i>et al</i> 2005

3.4. Kinetika Adsorpsi [Au(CN)₄]⁻

3.4.1. Pengaruh Konsentrasi

Kinetika adsorpsi menjelaskan kecepatan pengambilan zat terlarut oleh adsorben selama kontak waktu reaksi penyerapan. Parameter ini penting untuk menentukan efisiensi proses penyerapan. Kinetika adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh kitosan-GA 4% pada konsentrasi awal 10-50 mg/g dan pH 2 menunjukkan sekitar 90% kesetimbangan kapasitas adsorpsi tercapai setelah 30 menit (cepat) dan kesetimbangan lengkap (kejenuhan adsorpsi) tercapai setelah 60-120 menit (lambat). Untuk mengevaluasi mekanisme kinetika yang mengendalikan proses adsorpsi, model kinetika orde satu semu dan orde dua semu diujikan untuk menginterpretasikan data percobaan. Parameter kinetika yang diperoleh dari penelitian ini disajikan pada Tabel 5. Koefisien korelasi orde dua semu lebih besar daripada orde satu semu. Juga besarnya nilai q_e hitung (teoritis) model orde dua semu lebih dekat dengan nilai q_e percobaan. Sehingga pada penelitian ini mekanisme adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% dikendalikan oleh model kinetika orde dua semu.

3.4.2. Pengaruh Temperatur

Kapasitas adsorpsi menurun dengan meningkatnya temperatur, hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi berlangsung eksotermis di lingkungan. Analisis kinetika orde dua semu digunakan untuk menginterpretasikan data kinetika adsorpsi yang dipengaruhi oleh suhu dan hasilnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5 Perbandingan konstanta kecepatan orde satu dan orde dua serta nilai qe hasil perhitungan dan percobaan

[Au] _o	qe (mg/g) percobaan	kinetika orde satu semu			kinetika orde dua semu		
		k ₁ (menit ⁻¹)	qe (mg/g) (hitung)	R ²	k ₂ (g/mgmenit)	qe (hitung)(mg/g)	R ²
10	0.5559	0.0142	0.1045	0.9	0.2938	0.5701	0.998
20	1.0877	0.0314	0.3581	0.737	0.1005	1.1581	0.996
30	1.5969	0.0208	0.2876	0.483	0.1354	1.6300	0.997
40	2.0945	0.0130	0.2745	0.472	0.0978	2.1427	0.998
50	2.5212	0.0123	0.3289	0.501	0.0912	2.5536	0.998

Keterangan:[Au]_o =konsentrasi ion Au awal; qe = kapasitas adsorpsi Au dalam kesetimbangan; k₁=konstanta reaksi orde 1; k₂=konstanta reaksi orde 2

Tabel 6 Parameter kinetika adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% pada konsentrasi awal 10 mg/L dan variasi suhu

°C	qe percobaan (mg/g)	k ₂ (g/mgmenit)	qe hitung (mg/g)	R ²
30	0.5559	0.3091	0.5701	0.998
40	0.5491	-0.2296	0.4625	0.997
50	0.5431	-0.1584	0.4444	0.993
60	0.5397	-0.1788	0.4581	0.989

Kenaikan temperatur menyebabkan menurunnya kapasitas adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ dalam serpih kitosan-GA atau meningkatnya jumlah [Au(CN)₄]⁻ dalam larutan (proses desorpsi terjadi), pada penelitian ini besar nilai E_a ditentukan oleh model kinetika orde dua semu berdasarkan persamaan Arrhenius dan diperoleh nilai sebesar -17.095 KJ/mol (tanda (-) menunjukkan proses desorpsi) pada kesetimbangan nilai E_a adsorpsi sama dengan desorpsi. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% adalah adsorpsi fisik. Proses adsorpsi fisik tersebut diperkuat dengan parameter termodinamika yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa proses adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh serpih kitosan-GA 4% memberikan nilai ΔG^o negatif, yang mengindikasikan bahwa adsorpsi terjadi secara spontan di lingkungan. Pada suhu meningkat, kespontanan adsorpsi menurun (proses desorpsi terjadi), ditunjukkan dengan ΔG^o yang meningkat, yang mengindikasikan energi yang menggerakkan proses adsorpsi (*driving force*) rendah (adsorpsi fisika). Nilai negatif dari ΔG^o, ΔH dan ΔS pada proses adsorpsi Au-sianida oleh serpih kitosan-GA 4% spontan pada suhu rendah dan tidak spontan pada suhu tinggi, eksotermis di lingkungan dan menurunkan ketidakteraturan pada antar muka adsorben dan adsorbat selama proses adsorpsi. Sedangkan pada karbon aktif proses adsorpsi Au-sianida terjadi secara spontan, eksotermis di lingkungan, adsorpsi fisik, tetapi kespontanan adsorpsi terjadi pada semua nilai suhu.

Tabel 7 Perbandingan parameter termodinamika adsorpsi [Au(CN)₄]⁻ oleh kitosan-GA, abu terbang dan karbon aktif

Adsorben	Suhu	Parameter termodinamika			Ref
	T(°C)	ΔG°(Kj/mol)	ΔH° Kj/mol)	ΔS(J/molK	
Kitosan-GA 4%	30	-9.0071			
	40	-8.3439			
	50	-7.9340	-22.6344	-45.3	
	60	-7.6507			
Abu terbang	20	-11.50		10.32	
	30	-11.643	-8.48	10.43	Aworn et al 2005
	40	-11.77		10.53	
	60	-11.91		10.53	
Karbon aktif biji alpukat	25	0.048		-0.288	
	40	0.090	-85.714	-0.274	Soleimani et al 2008
	60	0.134		-0.257	
Karbon aktif tempurung kelapa	20	-14.02		24.11	
	30	-14.42	-6.96	24.64	Aworn et al 2005
	40	-14.46		23.98	
	60	-15.05		24.30	

3.5. Desorpsi [Au(CN)₄]⁻

Proses adsorpsi yang berguna atau menguntungkan adalah jika adsorbat mudah dilepaskan kembali dan adsorben dapat digunakan ulang. Tabel 8 menunjukkan perbandingan metode perolehan Au, penggunaan teknologi dan pelarut. Perolehan Au dari serpih kitosan-GA 4% menunjukkan keunggulan dibandingkan dengan karbon aktif yaitu perolehannya tinggi, waktu elusi cepat dan efisiensi penggunaan pelarut dan energi.

Tabel 8 Perbandingan metode desorpsi Au dari serpih kitosan-GA 4% dengan karbon aktif

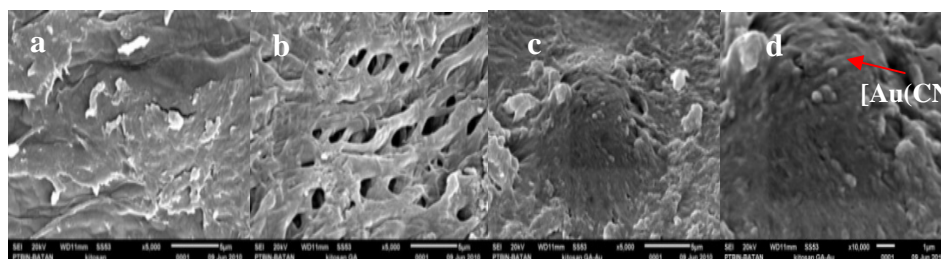
Adsorben	Larutan Pengelusi	Suhu(°C)	Waktu desorpsi	% desorpsi	Metode
Kitosan-GA	NaCN 1%	30	90 menit	100	
Karbon aktif	NaCN 0.2% NaOH 1% P= 1 atm	95-100	72 jam	35-70	Zadra
	NaCN 0.2% NaOH 1% P>1 atm	140	10-12 jam	75	Modifikasi Zadra
	NaCN 5% NaOH 1%	100-120	8-12 jam	<80	AARL
	NaOH 1M Pelarut organik	30	2.5 jam	51-90%	Soleimani et al 2008

Keterangan: AARL (*The Anglo American Research Laboratory*)

3.6. Karakterisasi

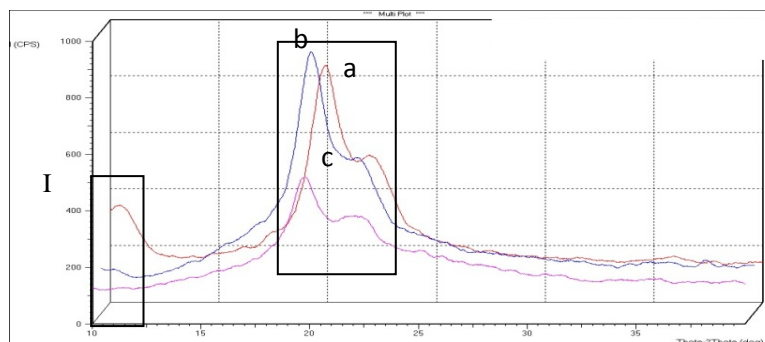
Perubahan morfologi yang signifikan terjadi setelah kitosan direaksikan dengan glutaraldehida dan diinteraksikan dengan [Au(CN)₄]⁻. Hasil SEM menunjukkan serpih

kitosan-GA 4% memiliki permukaan halus dengan kerutan atau lipatan mikrostruktur pada permukaannya, sedangkan serpih kitosan-GA memperlihatkan struktur permukaan yang sangat berbeda, permukaannya menjadi berpori-pori tidak seragam (heterogen) yang terbentuk akibat tautan silang kitosan dengan glutaraldehida. Mikrostruktur kitosan-GA berubah dengan dratis setelah diinteraksikan dengan $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ pada pH 2 (Gambar 1). Pengamatan SEM memberikan fakta bahwa ion kompleks Au telah teradsorpsi ke dalam kitosan-GA, ion kompleks Au nampak tidak saja menutupi pori-pori, tetapi juga terdistribusi acak di permukaan adsorben yang heterogen.



Gambar 1 SEM pembesaran: serpih kitosan tanpa perlakuan 5000x (a); serpih kitosan-GA 4% 5000x (b); serpih kitosan-GA 4%-Au 5000x (c) dan serpih kitosan-GA 4% -Au pembesaran 10000x (d)

XRD digunakan untuk menganalisis kristalinitas kitosan sebelum dan sesudah perlakuan dan membantu mengidentifikasi kerusakan struktur kitosan setelah diperlakukan pada suasana asam (pH 2). Puncak XRD pada sudut 2θ : 10.76° menunjukkan kitosan selalu mengikat air (5%). Penggabungan molekul air dalam kisi kristal akan membentuk kristal terhidrat membentuk struktur polimorf. Sedangkan pada puncak $20.1-21.95^\circ$ mengindikasikan kisi kristal yang relatif teratur (Gambar 2) (Wan *et al* 2006 dalam Souza *et al* 2010). Interaksi serpih kitosan-GA 4% dengan larutan $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ pada pH 2 menghasilkan penurunan kristalinitas mencapai 46.15%, hal ini terlihat dari intensitas puncak difraktogram lebih rendah. Perubahan kristalinitas serpih kitosan-GA 4% dikarenakan ikatan imina yang terbentuk antara gugus amina rantai kitosan dengan gugus karbonil glutaraldehida tidak terlalu kuat dan teradsorpsinya $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ ke dalam struktur serpih kitosan-GA 4% menyebabkan penurunan energi ikatan rantai-rantai kitosan sehingga dapat diputuskan oleh kehadiran asam.



Gambar 2 Difraktogram XRD kitosan tanpa perlakuan (-) (a); kitosan-GA (-) (b) dan kitosan-GA-Au (-) (c)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Serpih kitosan-GA 4% mempunyai persen adsorpsi terhadap $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ mencapai > 96% dan sebanding dengan persen adsorpsi karbon aktif. Kondisi optimum adsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ tercapai pada pH 2, bobot kitosan 0.0875 g dan waktu kontak 90-120 menit, cukup efisien jika dibandingkan dengan karbon aktif. Proses adsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$ oleh serpih kitosan-GA 4% mengikuti model isotermal Freundlich dan cenderung mengikuti kinetika reaksi orde dua semu dan adsorpsi terjadi secara fisik (interaksi ionik), spontan di lingkungan dan eksotermis. Perolehan Au (desorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_4]^-$) lebih tinggi dibandingkan dengan karbon aktif mencapai 100% Au, tanpa membutuhkan suhu tinggi, jumlah pelarut yang banyak dan waktu yang relatif singkat yaitu 90 menit.

4.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pemakaian ulang (percobaan siklus adsorpsi-desorpsi) kitosan-GA dalam mengadsorpsi $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ untuk melihat umur pakainya. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan kitosan-GA dengan derajat deasetilasi lebih tinggi untuk melihat efisiensi bobot adsorben sehingga kapasitas adsorpsi maksimumnya meningkat atau sebanding dengan karbon aktif.

DAFTAR PUSTAKA

- Bakker E, Voncken J, Rem P. 2004. Reducing Gold Loss in Carbon-In-Leach Process. Delft University of Technology, Nederland.
- Deschenes G. 2005. Advance in The Cyanide of Gold. *Development in Mineral Processing* 15: 479-497.
- Fujiwara K *et al.* 2007. Adsorption of platinum (IV), palladium (II) and gold (III) from aqueous solution onto L- Lysin modified crosslinked chitosan resin. *Journal of hazardous material* 146: 39-50.

- Garcia A *Met al.* 1997. Metal cyanide control in hydrometallurgical processing of gold ore by multivariate calibration procedures. *Analitica chemical acta* 353: 123-131.
- Aworn A *et al.* 2005. Recovery of Gold From Gold Slag by Wood Shaving Fly Ash. *Journal of Colloidal and Interface Science* 287: 394-400.
- Lima L.R. P. 2007. Dynamic Simulation of The Carbon-In-Pulp and Carbon-In Leach Processes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.* 24:623-635.
- Peirano F, Flores A, Jaime, Ruiodrigues A, Borja A, Neptalie, Ly Martha, Maldonado Holger. 2003. Adsorption of gold (III) ions by kitosan biopolymer. *Rev. Soc. Quinn.* 69:211-221.
- Soleimani Mansoreh, Taherah Kaghazchi. 2007. The Investigation of The Potential of Activated Hard Shell of Apricot Stones as Gold Adsorbents. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 14: 28-37.