

ADSORPSI KROM(VI) OLEH ARANG AKTIF SERABUT KELAPA SERTA IMOBILISASINYA PADA BATAKO

N Zuhroh [✉] AT Prasetya, S Haryani

Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Februari 2016
Disetujui Maret 2016
Dipublikasikan April 2016

Keywords:
adsorption; chromium(VI);
active charcoal; brick;
immobilization

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengimobilisasi limbah arang aktif serabut kelapa yang telah menyerap ion logam Krom(VI) sebagai bahan campuran batako. Pada penelitian ini, arang dan arang aktif serabut kelapa dibandingkan kualitasnya dengan parameter uji kadar air, uji kadar abu dan uji daya adsorp iod. Krom(VI) diadsorpsi oleh arang aktif serabut kelapa untuk mengetahui pH optimum (1, 3, 5, 7, dan 9) dan waktu kontak optimumnya (10, 30, 60, 120, dan 150 menit). Limbah arang aktif hasil adsorpsi selanjutnya dicampurkan pada batako. Batako direndam ke dalam larutan pendesorpsi pada pH 1, 5, 7, 9, dan 13 selama satu minggu. Hasil penelitian menunjukkan arang aktif serabut kelapa memiliki kualitas yang lebih baik daripada arang serabut kelapa. Arang aktif serabut kelapa memiliki kadar air sebesar 4,57%, kadar abu sebesar 3,71% dan daya adsorp terhadap iod sebesar 414,9119 mg/g. Sedangkan pada arang serabut kelapa memiliki kadar air sebesar 9,10%, kadar abu sebesar 4,28% dan daya adsorp terhadap iod sebesar 302,9929 mg/g. pH dan waktu kontak optimum yang diperlukan arang aktif serabut kelapa untuk menurunkan kadar Krom(VI) adalah pada pH 3 dan pada waktu 2,5 jam. Konsentrasi Krom(VI) yang dilepaskan pada pH 1, 5, 7, 9, dan 13 tidak terdeteksi sedangkan ketentuan baku mutu TCLP zat pencemar limbah untuk logam berat krom maksimal 5 ppm.

Abstract

This research aims to immobilize active charcoal of coconut fibers which have adsorbed Chromium(VI) ion as a mixture of brick. In this research, active charcoal and charcoal of coconut fibers will be compared to determine its quality using parameter test of water content, ash content and iod adsorption. Chromium(VI) was adsorbed by activated charcoal of coconut fibers to determine the optimum pH (1, 3, 5, 7 and 9) and optimum contact time (10, 30, 60, 120 and 150 minute). Then, the activated charcoal will be used to make the brick. The brick is soaked in the solution at pH 1, 5, 7, 9 and 13 for one week. The result shows that activated charcoal of coconut fibers have better quality than charcoal of coconut fibers. The water content of activated charcoal of coconut fibers is 4.57%, the ash content is 3.71% and the absorption of iodine is 414.9119 mg/g. While the water content of charcoal of coconut fibers is 9.10%, the ash content is 4.28% and the absorption of iod is 302.9929 mg/g. The optimum pH and equilibrium time that are required by activated charcoal of coconut fibers to reduce levels of Chromium(VI) is on pH 3 and time 2.5 hours. The concentration of Chromium(VI) at pH 1, 5, 7, 9 and 13 is not detected while the standard quality of provisions contaminants TCLP heavy metal chromium waste for a maximum of 5 ppm.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: naela.niesa@gmail.com

ISSN 0215-9945

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini menyebabkan penggunaan logam-logam berat semakin meningkat (Sudiarta & Dwi 2010). Logam kromium merupakan salah satu logam yang mencemari lingkungan. Kromium heksavalen atau Cr(VI) merupakan logam anion toksik dengan penanganan sangat sukar (selektif) dibandingkan logam kation toksik. Bila terkonsumsi manusia (lebih dari 0,05 mg/L) dapat menimbulkan keracunan dan gangguan pada organ vital seperti gangguan syaraf pusat dan kanker (Widihati 2008). Oleh karena itu, keberadaan logam berat tersebut di lingkungan harus dikurangi. Salah satunya adalah dengan cara adsorpsi. Serabut kelapa mengandung lignin dan selulosa yang dapat dijadikan sebagai arang aktif yang berfungsi untuk mengadsorpsi logam berat.

Salah satu karakteristik yang dianggap keunggulan suatu adsorben adalah sifat *regenerable* atau dapat diregenerasi menggunakan agen pendesorpsi (Munawar 2010). Namun, hal ini juga menimbulkan dampak negatif. Adsorben yang telah digunakan untuk mengadsorpsi logam berat biasanya hanya dibuang ke lingkungan dan menjadi limbah. Limbah adsorben ini pada kondisi tertentu akan menyebabkan logam dalam limbah adsorben tersebut terlepas kembali. Hal ini akan menimbulkan pencemaran lingkungan kembali. Oleh karena itu, perlu penanganan terhadap limbah adsorben yang telah digunakan.

Permasalahan baru akibat pencemaran limbah adsorben dapat diatasi dengan cara menjadikan arang aktif serabut kelapa sebagai campuran dalam pembuatan batako. Penambahan arang pada batako dapat mengurangi berat batako karena menggantikan volume pasir yang digunakan. Batako dibuat untuk menggantikan batu bata sebagai bahan konstruksi, karena pembuatan batu bata merah cenderung merusak lingkungan seperti adanya bekas galian yang berakibat lahan tidak dapat dimanfaatkan lagi. Batako yang lebih ringan menghasilkan konstruksi ringan dan tahan gempa. Untuk memperoleh gedung yang lebih ringan salah satunya bisa dilakukan dengan cara mengurangi berat dinding yang umumnya 250 kg/m². Pengikatan adsorben arang aktif serabut kelapa diharapkan dapat

mengurangi logam berat yang akan terlepas kembali.

Solidifikasi/stabilisasi (S/S) limbah menggunakan semen merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah dengan tujuan untuk membuat suatu padatan, yang mudah penanganannya dan tidak meluluhkan kontaminan ke dalam lingkungan (Utomo 2008).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter arang dan arang aktif serabut kelapa yang akan digunakan sebagai adsorben logam Krom(VI) berupa kadar air, kadar abu dan daya adsorpsi terhadap iod, mengetahui pH optimum yang diperlukan arang aktif serabut kelapa untuk menurunkan kadar krom (VI), mengetahui waktu optimum yang diperlukan arang aktif serabut kelapa untuk menurunkan kadar krom (VI), dan mengetahui pengaruh pH larutan pendesorpsi terhadap pelepasan logam Cr(VI) pada limbah arang aktif yang diimobilisasikan dalam batako.

METODE

Limbah serabut kelapa yang sudah dibersihkan dan dihaluskan kemudian diaktivasi menggunakan asam fosfat H₃PO₄ 10% dengan cara direndam selama 24 jam (Nur 2012). Serabut kelapa yang telah diaktivasi dimasukkan ke dalam drum (alat pembuatan arang) dan dibakar hingga menjadi arang aktif (Darmayanti *et al.* 2012). Arang aktif serabut kelapa yang diperoleh didinginkan sampai suhu kamar dan dicuci dengan akuades hingga netral. Arang aktif kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C. Arang aktif diayak dengan ayakan 100 *mesh*. Pada pembuatan arang serabut kelapa, limbah serabut kelapa dibuat menjadi arang tanpa direndam H₃PO₄ terlebih dahulu.

Arang dan arang aktif serabut kelapa kemudian dikarakterisasi dengan menguji kadar air, kadar abu dan daya adsorpsi terhadap iod. Arang aktif serabut kelapa kemudian digunakan untuk mengadsorpsi Krom(VI) dengan diatur pH nya pada pH 1, 3,5,7 dan 9. Larutan Krom(VI) dan arang aktif dikontakkan dengan *orbital shaker* pada waktu 10, 30, 60, 120 dan 150 menit. Larutan kemudian disaring dan filtratnya dianalisis menggunakan (Spektroskopi Serapan Atom) SSA

pada panjang gelombang 357,9 nm (Sudiarta *et al.* 2011).

Arang aktif dikontakkan dengan larutan Cr(VI) pada pH dan waktu kontak optimum. Limbah arang aktif yang dihasilkan kemudian diimobilisasikan pada batak. Pembuatan batak dilakukan dengan komposisi semen : pasir : arang aktif : air = 1 : 2,70 : 0,05 : 0,5 (Siagian & Agus, 2013). Adonan dituangkan dalam cetakan batak dan dikeringkan untuk proses pengerasan (*ageing*) (Khusna *et al.* 2013). Perawatan batak dilakukan dengan cara disimpan selama 7 hari. Pembuatan batak tanpa limbah arang aktif dibuat sebagai pembanding/kontrol. Batak kemudian direndam dalam larutan pendesorpsi dengan variasi pH 1, 5, 7, 9 dan 13 (Wankasi *et al.* 2005). Perendaman dilakukan selama 7 hari. Air rendaman kemudian disaring dan filtrat dikembalikan ke volume semula dengan penambahan akuades. Filtrat diukur dengan SSA pada panjang gelombang 357,9 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang dan arang aktif serabut kelapa dikarakterisasi dengan menguji kadar air, kadar abu dan daya adsorp terhadap iod. Penentuan kadar air sebagai salah satu parameter kualitas arang yang dihasilkan perlu dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis arang maupun arang aktif. Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui material anorganik dalam arang dan arang aktif. Daya adsorp terhadap iod menunjukkan kemampuan arang aktif menyerap zat dengan ukuran molekul yang lebih kecil dari 10 Å atau memberikan indikasi jumlah pori yang berdiameter 10–15 Å (Yusuf & Siti, 2013). Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Arang dan Arang Aktif Serabut kelapa

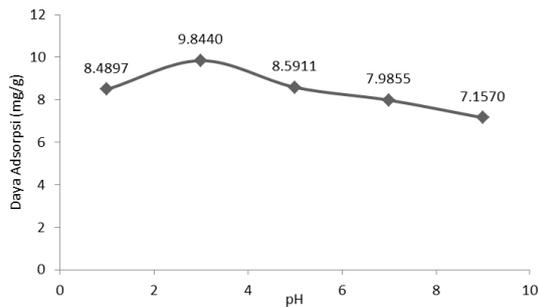
Parameter	Arang	Arang aktif	Standar Industri
Kadar air	9,10%	4,57%	4,4%
Kadar abu	4,28%	3,71%	2,5%
Daya adsorp terhadap iod	302,9929 mg/g	414,9119 mg/g	750 mg/g

Pada Tabel 1 diperoleh kadar air arang sebesar 9,10% sedangkan kadar air arang aktif sebesar 4,57%. Keduanya masih belum memenuhi kadar air standar industri Indonesia (SII No. 0258-88) yaitu maksimal sebesar 4,4% untuk sampel yang berbentuk butiran. Namun, arang dan arang aktif masih dapat digunakan untuk proses adsorpsi. Kandungan air dalam karbon aktif tidak akan mempengaruhi daya adsorpsinya, namun hal ini akan melemahkan karbon. Karbon yang mengandung air akan lebih mudah rusak dan ditumbuhi jamur.

Pada Tabel 1 diperoleh kadar abu arang sebesar 4,28% sedangkan kadar air arang aktif sebesar 3,71%. Keduanya belum memenuhi kadar abu standar industri Indonesia (SII No. 0258-88) yaitu maksimal sebesar 2,5% untuk sampel yang berbentuk butiran. Namun, arang yang telah diaktivasi memiliki kualitas yang lebih baik daripada arang tanpa aktivasi. Kadar abu yang lebih kecil pada arang aktif serabut kelapa menunjukkan luas permukaan arang aktif lebih besar daripada arang. Lebih besarnya luas permukaan dikarenakan pori-pori arang tidak banyak tersumbat oleh mineral-mineral anorganik. Hal ini akan membuat arang aktif memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap Krom(VI).

Pada Tabel 1 diperoleh daya adsorp terhadap iod pada arang sebesar 302,9929 mg/g sedangkan daya adsorp terhadap iod pada arang aktif sebesar 414,9119 mg/g. Keduanya masih belum memenuhi daya adsorp terhadap iod standar industri indonesia (SII No. 0258-88) yaitu minimal sebesar 750 mg/g untuk sampel yang berbentuk butiran. Namun, daya adsorp terhadap iod pada arang aktif lebih mendekati standar. Hal ini dikarenakan arang aktif serabut kelapa memiliki luas permukaan yang lebih besar dari pada arang serabut kelapa yang tidak diaktivasi. Pori-pori yang lebih besar akan menyebabkan kemampuannya menyerap iod menjadi lebih besar.

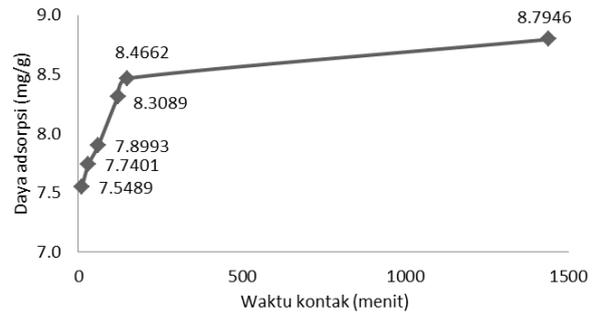
Variabel pH larutan merupakan hal penting dalam adsorpsi ion logam karena ion hidrogen merupakan ion yang berkompetisi kuat dengan ion logam. Pengaruh pH terhadap daya adsorpsi arang aktif serabut kelapa dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh pH dan daya adsorpsi

Gambar 1 menunjukkan bahwa daya adsorpsi arang aktif serabut kelapa terhadap Krom(VI) optimum pada pH 3. Jumlah Krom(VI) yang terserap pada pH tersebut sebesar 9,8440 mg/g. Pada pH rendah yaitu pH 1 adsorpsi Krom(VI) cenderung rendah. Hal ini dikarenakan dalam kondisi asam, permukaan adsorben juga bermuatan positif, sehingga menyebabkan terjadinya persaingan antara permukaan adsorben dengan ion logam Cr^{3+} (Hasrianti 2012). Pada pH 3, ion H^+ yang mengelilingi permukaan adsorben lebih sedikit daripada pH 1. Hal ini akan menyebabkan persaingan antara ion logam dan H^+ menjadi lebih kecil, sehingga daya adsorpsinya meningkat. Pada pH 5 sampai pH 9 daya adsorpsi mengalami penurunan karena adanya pertukaran H^+ dengan anion $Cr_2O_7^{2-}$. Kenaikan pH akan memperkecil ion H^+ pada permukaan adsorben sehingga interaksi antara H^+ dengan Krom(VI) dalam bentuk anion menjadi berkurang.

Penentuan waktu optimum adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh adsorben arang aktif serabut kelapa dalam menyerap logam Cr(VI) secara maksimum hingga tercapai keadaan setimbang. Berdasarkan penelitian diperoleh hubungan antara waktu kontak dengan konsentrasi Krom(VI) yang teradsorpsi pada Gambar 2.

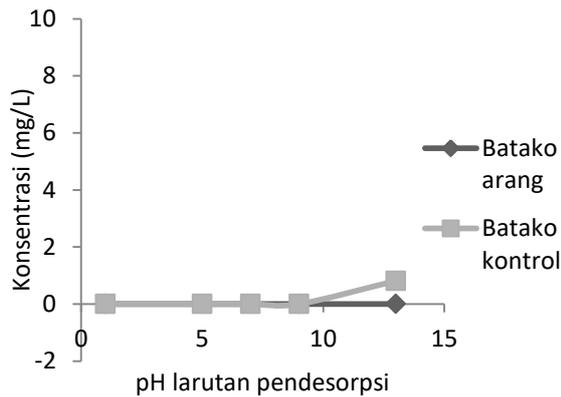


Gambar 2. Pengaruh waktu kontak dan daya adsorpsi

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa jumlah adsorpsi dari adsorben arang aktif serabut kelapa terhadap logam Cr^{6+} mengalami peningkatan adsorpsi seiring dengan bertambahnya waktu interaksi. Pada waktu kontak 2,5 jam hingga 24 jam, daya adsorpsi arang aktif serabut kelapa masih mengalami kenaikan yaitu dari 8,4662 mg/g menjadi 8,7946 mg/g. Namun, dengan perbedaan waktu yang besar antara waktu kontak 2,5 jam dan 24 jam, kenaikan daya adsorpsinya tergolong kecil. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2 dimana setelah waktu 2,5 jam kemiringan garis cukup rendah yang menunjukkan daya adsorpsinya relatif stabil. Oleh karena itu, waktu yang akan digunakan untuk percobaan selanjutnya adalah 2,5 jam (150 menit).

Pada waktu 150 menit diperkirakan sudah terjadi kesetimbangan antara adsorbat yang diserap oleh adsorben dengan adsorbat yang tersisa dalam larutan. Adsorpsi yang terjadi oleh materi adsorben mencapai kesetimbangan, serapannya cenderung tetap atau bahkan menurun (Riapanitra & Roy 2010). Hal ini disebabkan karena setelah mencapai keadaan setimbang, ikatan antara adsorbat ion logam Cr^{6+} dengan adsorben arang aktif serabut kelapa semakin lemah sehingga adsorbat ion logam Cr^{6+} cenderung mempertahankan diri untuk tetap berada dalam larutan (Widihati *et al.* 2012).

Penentuan kadar pelepasan Krom(VI) pada arang aktif serabut kelapa yang telah diimobilisasikan pada batako penting untuk dilakukan. Hasil yang diperoleh dapat digunakan sebagai parameter untuk mengetahui apakah batako mampu mengikat Krom(VI) dengan baik atau tidak. Hasil pelepasan Krom(VI) pada batako yang mengikat arang dan batako kontrol dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh pH dan konsentrasi Krom(VI) yang terlepas

Pada Gambar 3 dapat dilihat pada pH 1, 5, 7, dan 9 konsentrasi Krom(VI) yang terlepas untuk kedua jenis batako adalah sama yaitu tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan arang aktif yang telah mengadsorpsi Krom(VI) pada batako tidak akan mempengaruhi kualitas batako. Pada pH 13 batako kontrol melepaskan Krom(VI) lebih banyak daripada batako yang mengikat arang. Namun, konsentrasi Krom(VI) yang dilepaskan sangat kecil yaitu 0,8116 mg/L. Krom(VI) yang dilepaskan masih berada di bawah standar Baku Mutu TCLP (PP.85/1999) yaitu sebesar 5 ppm. Selain itu, konsentrasi Krom(VI) yang dilepaskan oleh batako kontrol kurang dari batas deteksi dan batas kuantitasi yang diperoleh yaitu sebesar 1,0375 mg/L dan 3,4583 mg/L sehingga hasil pengukuran dikatakan tidak dapat dipercaya dan memberikan akurasi yang rendah. Pada kondisi ini dianggap penambahan arang aktif masih tidak berpengaruh terhadap batako. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah arang aktif serabut kelapa yang sudah digunakan untuk mengadsorpsi krom, sebagai bahan tambahan dalam batako dikategorikan berhasil dan dapat diaplikasikan di masyarakat. Batako yang mengikat arang aktif tidak akan menimbulkan efek yang negatif terhadap lingkungan karena logam Krom(VI) tidak terlepas dalam larutan pendesorpsi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang pemanfaatan arang aktif serabut kelapa yang mengimobilisasi Krom(VI) sebagai bahan campuran pada pembuatan batako dapat

disimpulkan arang serabut kelapa yang diaktivasi dengan H_3PO_4 10% memiliki kualitas yang lebih baik daripada arang tanpa aktivasi. Pada arang aktif memiliki kadar air sebesar 4,57%, kadar abu sebesar 3,71% dan daya adsorpsi terhadap iod sebesar 414,9119 mg/g. Sedangkan pada arang memiliki kadar air sebesar 9,10%, kadar abu sebesar 4,28% dan daya adsorpsi terhadap iod sebesar 302,9929 mg/g. pH optimum yang diperlukan arang aktif serabut kelapa untuk menurunkan kadar Krom(VI) adalah pada pH 3 dengan daya adsorpsi sebesar 9,8440 mg/g. Waktu setimbang yang diperlukan arang aktif serabut kelapa untuk menurunkan kadar Krom(VI) adalah pada waktu 2,5 jam dengan daya adsorpsi sebesar 8,4662 mg/g. pH larutan pendesorpsi tidak berpengaruh terhadap pelepasan Krom(VI) yang diimobilisasikan dalam batako dengan konsentrasi Cr(VI) yang terlepas untuk pH 1, 5, 7, 9 dan 13 tidak terdeteksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmayanti N, Rahman & Supriadi. 2012. Adsorpsi Timbal (Pb) dan Zink (Zn) dari larutannya menggunakan arang hayati (biocharcoal) kulit pisang kepok berdasarkan variasi pH. *J. Akad Kim* 1(4): 159-165.
- Hasrianti. 2012. *Desorpsi Ion Cd^{2+} Dan Cr^{6+} pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong*. Tesis. Makassar: Universitas Hasanudin.
- Khusna H, Sunarto W & Alauhdin M. 2013. Analisis kandungan kimia dan pemanfaatan *sludge* industri kertas sebagai bahan pembuatan batako. *Indo J Chem Sci* 2(2): 131-135.
- Munawar. 2010. Keseimbangan sorpsi ion seng(II) pada partikel gambut. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* 9(3): 91-98.
- Nur R. 2012. *Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Arang Aktif dari Serabut Kelapa*. Skripsi. Papua: Universitas Negeri Papua.
- Riapanitra A & Andreas R. 2010. Pemanfaatan arang batok kelapa dan tanah humus baterraden untuk menurunkan kadar logam krom (Cr). *Jurnal Kimia* 5(2): 66-74.
- Siagian H & Dermawan A. 2011. Pengujian sifat mekanik batako yang dicampur abu terbang (*Fly Ash*). *Jurnal Sains Indonesia* 35(1): 23 - 28.
- Sudiarta IW & Yulihastuti DA. 2010. Biosorpsi Kromium(VI) pada serat serabut kelapa hijau (*Cocos nucifera*). *Jurnal Kimia* 4(2): 158-166.

- Sudiarta IW, Diantariani NP & Yulihastuti DA. 2011. *Biosorpsi Cr(III) pada biosorben serat serabut kelapa teraktivasi amonium hidroksida (NH₄OH)*. The Excellence Research: UNIVERSITAS UDAYANA.
- Utomo MP. 2008. *Efek Logam Berat terhadap Sifat Semen pada Proses Solidifikasi/Stabilisasi Limbah Berbahaya*. Yogyakarta: Seminar Nasional Kimia.
- Wankasi, Horsfall & Spiff AI. 2005. Desorption of Pb²⁺ and Cu²⁺ from nipa palm (*Nypa fruticans* Wurmb) biomass. *Afr J Biotechnol* 4(9): 923-927.
- Widihati IAG. 2008. Adsorpsi Anion Cr(VI) oleh batu pasir teraktivasi asam dan tersalut Fe₂O₃. *Jurnal Kimia* 2(1): 25-30.
- Widihati IAG, Suastuti DA & Nirmalasari MAY. 2012. Studi kinetika adsorpsi larutan ion logam kromium (Cr) menggunakan arang batang pisang (*Musa paradisiaca*). *Jurnal Kimia* 6(1): 8-16.
- Yusuf MA & Tjahjani S. 2013. Adsorpsi ion Cr(VI) oleh arang aktif sekam padi. *UNESA Journal of Chemistry* 2(1): 84-88.