

Studi Isoterm dan Kinetika Adsorpsi Logam Berat Cu Menggunakan Komposit Kitosan Kulit Udang-Karbon Aktif Ampas Kopi

Dimas Adi Wijaya¹, Novi Eka Mayangsari^{1*}, dan Ayu Nindyapuspa¹

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik PerkapalanNegeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: noviekam@ppns.ac.id

Abstrak

Logam berat Cu merupakan limbah yang berasal dari berbagai industri salah satunya industri tekstil. PencemaranCu dapat diolah menggunakan metode adsorpsi. Penelitian ini memanfaatkan komposit karbon aktif ampas kopi dan kitosan kulit udang sebagai adsorben untuk mereduksi logam berat Cu karena. Penggunaan karbon aktif ampas kopi dan kitosan sebagai adsorben karena memiliki kadar karbon dan kandungan kitin yang baik untuk penyerapanlogam berat Cu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui isoterm Langmuir dan Freundlich dan model kinetika pada proses adsorpsi zat Cu dengan menggunakan komposit kitosan kulit udang-karbon aktif ampas kopi denganmassa karbon aktif 1 gram, waktu kontak (60, 90, 120 menit), pH 4. Adsorpsi Cu dianalisis menggunakan spektrofotometer Uv-vis. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi removal terbaik sebesar 81,09% waktu 60 menit. Isoterm adsorpsi komposit mengikuti isoterm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9494 dan model kinetika adsorpsi komposit mengikuti orde 2 dengan nilai R^2 0,9602 dengan persamaan $-76,669x + 4887$.

Keywords: Adsorpsi, Cu, Isoterm, Kinetika, Komposit

1. PENDAHULUAN

Logam berat merupakan salah satu limbah atau pencemar yang berbahaya bagi lingkungan karena memiliki sifat toksinitas dan tidak dapat terbiodegradasi secara alami (Supriyanti, dkk., 2015). Salah satu logam berat yangberbahaya adalah logam berat tembaga (Cu), yang biasanya dijumpai di industri tekstil, elektronika dan cat. Pemerintah sudah membatasi industri terkait logam Cu yang berada didalam peraturan PERMEN LH No 5 Tahun2014 yang mengatur tentang maksimal kandungan logam berat Cu industri sebesar 0,6 mg/L.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang memiliki metode yang sederhana dan memiliki bahan baku yang mudah untuk ditemukan. Adsorben merupakan komponen yang penting dalam pengolahan limbah dengan metodeadsorpsi. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben ialah kitosan, karbon aktif, dan silika gel. Kitosan digunakan sebagai adsorben karena memiliki gugus hidroksil dan amino yang dapat mengikat logam berat. Udang merupakan bahan yang digunakan dalam pembuatan kitosan dan menurut KPP Jawa Timur 2018 udang yang dihasilkan di Jawa Timur berjumlah 122,18 ton. Kulit udang memiliki kandungan 25-40% Protein, 45-50% kalsium karbonat, dan kitin 20-36,61%. Menurut penelitian Agusnar dkk. (2019) kitosan dapat mengurangi limbahlogam berat Pb sebesar 94,97%. Penggunaan kitosan sebagai bahan baku adsorben masih memiliki kekurangan karena penggunaan kitosan murni dapat membuat gumpalan dan gel yang membuat gugus kitosan tidak dapat mengikat logam. Sehingga perlu adanya kombinasi antara kitosan dan bahan lainnya seperti silica, zeolite, dan karbon aktif yang bisa meningkatkan potensi daur ulang adsorben, stabilitas kimia, dan kapasitas adsorben

Kombinasi komposit kitosan dengan karbon aktif memiliki keuntungan karena bahan dari karbon aktif dapat diperoleh dari alam salah satunya ampas kopi. Produksi ampas kopi pada tahun 2019 mencapai 639.000 ton atau setara dengan 8% kopi didunia (Purwanto dan Diasmara, 2020). Ampas kopi juga mengandung karbon sebesar 47,8%-58,9%, total nitrogen sebesar 1,9% - 2,3%, abu sebesar 0,43% - 1,6%, dan selulosa 8,6% 3 (Caetano dkk.,2012). Ampas kopi dapat digunakan sebagai substrat untuk menempelkan kitosan agar dapat menyerap logam berat (Setyawan, dkk., 2018). Menurut penelitian Suwazan dan Nurdianti (2022) penggunaan komposit kitosan dan karbon aktif ampas kopi menghasilkan isoterm adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien R^2 sebesar 0,997 dan nilai kinetika adsorpsi mengikuti orde dua dengan nilai R^2 0,7479. Berdasarkan tujuan penelitian, untuk memaksimalkan proses adsorpsi maka penelitian ini dilakukan kajian pemanfaatan komposit kitosan dan karbon aktif ampas kopi yang dapat meningkatkan proses adsorpsi untuk logam berat Cu

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan dilaksanakan di laboratorium Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit udang, ampas kopi, NaOH (Merck), HCl 37% (Merck), asam asetat 99% (Pudak Scientific), CuSO₄·5H₂O (Merck), akuades. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah furnace, oven, alat gelas laboratorium, neraca analitik, spektrofotometer UV-Vis, pH meter, hotplate, dan magnetic stirrer, oven.

2.1 Pembuatan Kitosan dari Kulit Udang

Pembuatan kitosan dari kulit udang dilakukan dengan 3 proses yaitu deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Proses pertama yaitu demineralisasi dilakukan dengan cara limbah kulit udang ditambahkan dengan HCl 1,5M dengan perbandingan 1:10, setelah itu mengaduk selama 4 jam dengan kecepatan 50 rpm. Selanjutnya dicuci dengan aquadest hingga pH netral dan dikeringkan menggunakan oven. Proses selanjutnya ialah deproteinasi dengan cara hasil dari demineralisasi ditambahkan larutan NaOH 3,5% dengan perbandingan 1:10 kemudian diaduk selama 4 jam dengan kecepatan 50 rpm. Selanjutnya di cuci hingga pH netral dan sampel dikeringkan menggunakan oven. Proses terakhir yaitu deasetilasi dengan yaitu menambahkan NaOH 80% pada sampel dengan perbandingan 1:20 antara sampel dan pelarut, kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 4 jam menggunakan kecepatan 50 rpm. Sampel kemudian dicuci dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan di oven

2.2 Pembuatan Karbon Ampas Kopi

Pembuatan karbon aktif ampas kopi dilakukan dengan cara mengeringkan ampas kopi didalam oven sampai kering. Ampas kopi kemudian dikarbonisasi dengan furnace menggunakan suhu 400°C selama 45 menit. Arang ampas kopi kemudian diaktivasi dengan cara arang direndam dengan HCl 0,1 M sebanyak 500 mL selama 48 jam. Kemudian karbon aktif ampas kopi di cuci hingga pH netral dengan akuades, dan terakhir karbon di keringkan dengan oven dengan suhu pemanasan 110 C selama 3 jam

2.3 Pembuatan Komposit Kitosan-Karbon aktif ampas kopi

Pembuatan Komposit kitosan kulit udang dan karbon aktif ampas kopi dengan variasi komposit kitosan 1,2 gram dan 1 gram karbon aktif. Kemudian menambahkan dengan larutan asam asetat 3% sebanyak 60mL. campurkan sampel dan larutan kemudian diaduk dengan kecepatan 50 rpm hingga homogen. Selanjutnya ditetaskan kedalam larutan NaOH 0,5 M 500 mL. Hasil kemudian di cuci hingga pH netral dan dikeringkan di oven.

2.4 Perhitungan Efisiensi penyisihan

Efisiensi dinyatakan dengan persentase, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut Efisiensi Penyisihan (%) = $(C_a - C_e) / C_a \times 100\% \dots (1)$

2.5 Analisis Isoterm Langmuir dan Freundlich

Penentuan Isoterm adsorpsi karena terjadi perubahan pada konsentrasi adsorbat. Tujuannya adalah mengetahui mekanisme pengaruh adsorpsi logam Cu. Isoterm adsorpsi yang digunakan adalah Isoterm Langmuir dan Freundlich. Penentuan Isoterm Langmuir (2) dan Freundlich (3) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{b \cdot q_m} + \frac{C_e}{q_m} \dots (2)$$

$$x/m = k \cdot C_e^{1/n} \dots (3)$$

2.6 Analisa Kinetika Adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi merupakan metode yang dilakukan untuk mengetahui mekanisme penyerapan ion logam Cu yang dilakukan adsorben. Konstanta laju adsorpsi yaitu orde nol, orde satu, dan orde dua. Penentuan kinetika orde nol (4), orde satu (5), dan orde dua (6) menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_e = -kt + C_a \dots (4)$$

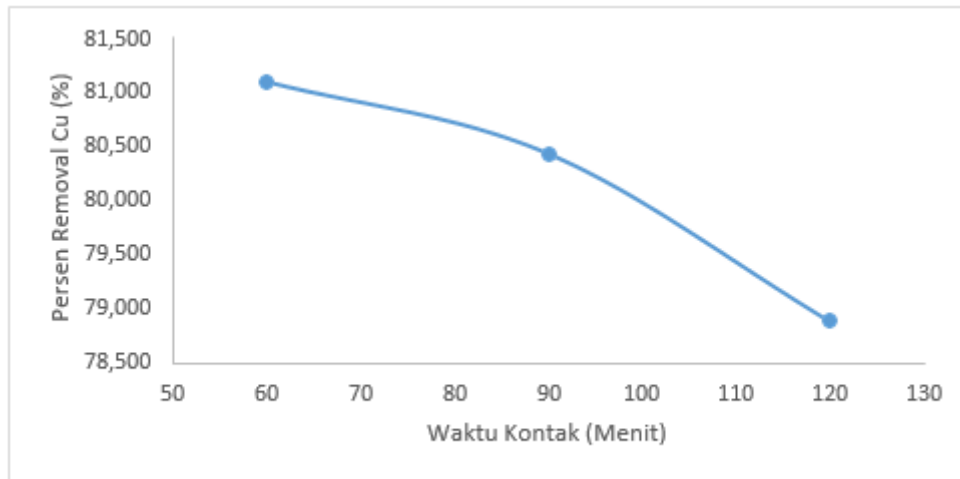
$$\ln C_e = -kt + \ln C_a \dots (5)$$

$$\frac{C_e}{q} = kt + \frac{1}{C_a} \dots (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Persen Removal Cu

Analisis pengaruh waktu kontak dilakukan untuk mengetahui pengaruh waktu terhadap konsentrasi removal persen Cu saat proses adsorpsi. Variasi waktu yang digunakan adalah 60, 90, dan 120 menit. Berikut merupakan grafik efisiensi removal Cu:

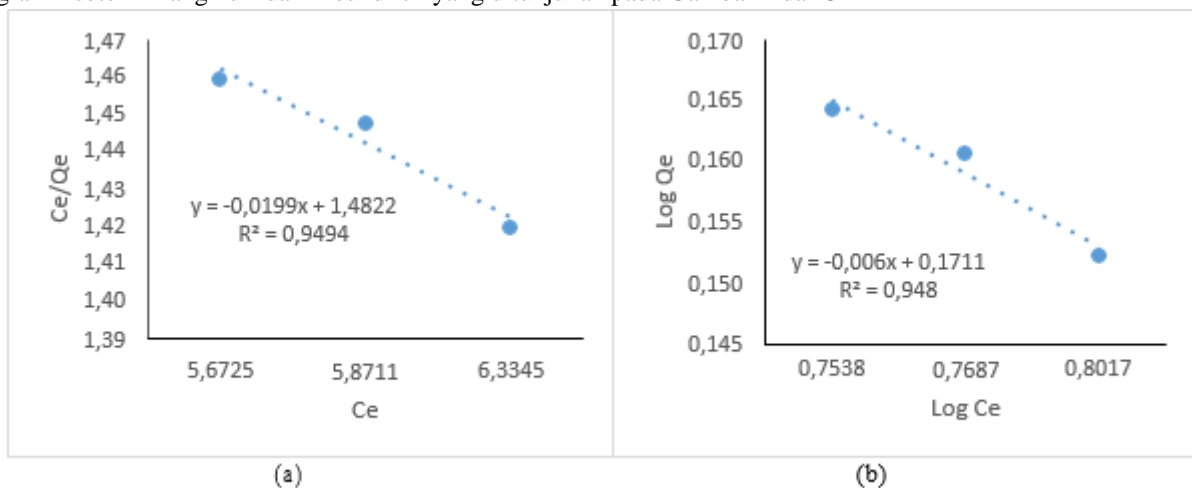


Gambar 1. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Efisiensi Penyisip Logam Berat Cu

Analisis pengaruh waktu kontak terhadap persen removal Cu dilakukan dengan komposit kitosan-karbon aktif variasi penambahan karbon aktif 1 gram dan konsentrasi larutan Cu sebesar 30 mg/L. Gambar 1 menunjukkan proses adsorpsi pada menit lebih dari 60 menit – 120 menit proses adsorpsi mengalami penurunan secara konstan. Hal ini disebabkan karena pada menit 60 adsorben sudah jenuh karena permukaannya sudah terisi oleh zat yang terserap, sehingga menyebabkan desorpsi atau pelepasan kembali zat yang terserap ke adsorbat (Nucifera dkk., 2016).

3.2 Analisis Isoterm Langmuir dan Freundlich

Isoterm adsorpsi terjadi karena adanya perubahan pada konsentrasi adsorbat dan tujuannya untuk mengetahui mekanisme adsorpsi logam berat Cu. Isoterm adsorpsi yang digunakan adalah isoterm Langmuir dan Freundlich. Variasi waktu 60, 90 dan 120 dengan komposit kitosan-karbon aktif variasi penambahan massa karbon aktif 1 gram. Kurva regresi linier dari isoterm Langmuir menggunakan perbandingan C_e/Q_e dan Q_e , sedangkan untuk isoterm Freundlich menggunakan perbandingan $\text{Log } Q_e$ dan $\text{Log } C_e$. Berikut merupakan grafik isoterm Langmuir dan Freundlich yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3



Gambar 2. Model Isoterm, (a) Isoterm Langmuir, dan (b) Isoterm Freundlich

Tabel 1. Isoterm Adsorpsi

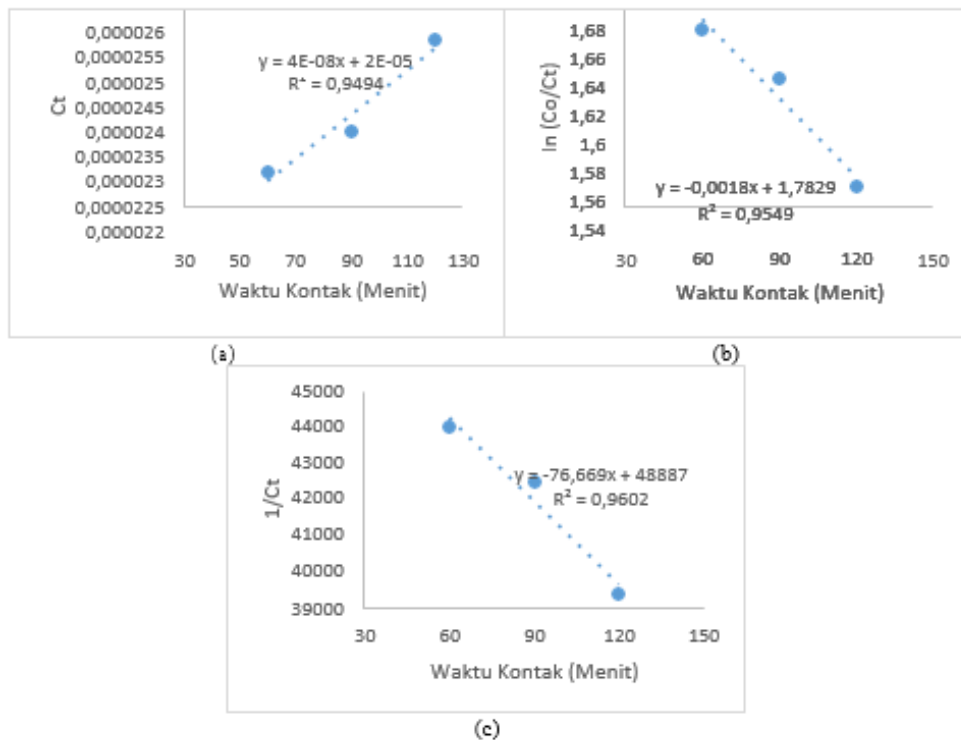
| Langmuir | | | | | |
|--------------------|----------------|--------|----------|-------|--------|
| Persamaan Linier | R ² | Slope | Intersep | Qm | KL |
| y = 0,0016x+1,459 | 0,9494 | 0,0016 | 1,459 | 625 | 0,0011 |
| Freundlich | | | | | |
| Persamaan Linier | R ² | Slope | Intersep | 1/n | Kf |
| y = 0,0005x+0,1632 | 0,948 | 0,0005 | 0,1632 | 1.465 | 0,0005 |

Berdasarkan data yang diperoleh dari Tabel 1 menunjukkan perbandingan hasil dari isoterm Langmuir dan Freundlich. Nilai koefisien R^2 yang paling mendekati satu akan digunakan untuk menentukan Isoterm dari proses

adsorpsi, nilai R^2 yang paling mendekati satu adalah isoterm Langmuir dengan nilai R^2 0,9494. Model isoterm Langmuir menandakan bahwa adsorpsi terjadi secara monolayer atau terjadi pada permukaan pori – pori adsorben (Handayani, 2009). Nilai q_m dan K_l yang dihasilkan adalah 625 dan 0,0011. Nilai q_m menunjukkan kapasitas penyerapan maksimum dan nilai K_l menjadi penanda isothermal.

3.3 Analisis Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui mekanisme penyerapan logam berat Cu yang dilakukan oleh adsorben. Mekanismenya dapat dilihat dari laju adsorpsi yang dilakukan melalui orde reaksi. Orde yang digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsi yaitu orde nol, orde satu, dan orde dua. Penentuan orde reaksi ditentukan oleh variasi waktu dengan variasi 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Berikut merupakan model kinetika adsorpsi pada Gambar 4 sampai 6



Gambar 3 Kinetika Adsorpsi, (a) Orde nol, (b) Orde satu, (c) Orde dua

Tabel 2. Kinetika Adsorpsi

| Keterangan | Orde Nol | Orde Satu | Orde Dua |
|-----------------------------|--------------------|-----------|----------|
| R^2 | 0,9494 | 0,9549 | 0,9602 |
| Nilai Konstanta Laju Reaksi | 4×10^{-8} | -0,0018 | -76,669 |

Berdasarkan data perhitungan parameter kinetika adsorpsi pada Tabel 2 model dapat ditentukan bahwa kinetikaadsorpsi mengikuti metol kinetika orde dua, yang ditandai dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang paling mendekati 1. Nilai R^2 yang diperoleh adalah 0,9602 dengan nilai k -76,669. Model kinetika orde dua berarti reaksi lajunya berbanding lurus terhadap kuadrat konsentrasi logam berat Cu, yang berarti laju adsorpsi Cu akan meningkat secara kuadratik dengan peningkatan konsentrasi Cu. Reaksi yang terjadi ialah logam berat Cu yang menempel pada permukaan adsorben, sehingga pada awal adsorpsi terjadi pengurangan logam Cu yang tinggi kemudian semakin lama kecepatan penyerapan semakin menurun karena adsorben sudah penuh terisi oleh kadar Cu dan adsorben melepas kembali kadar logam Cu yang diserap (Alifaturrahma dan Hendriyanto, 2019).

4. KESIMPULAN

Pengaruh variasi waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan logam berat Cu terbesar diperoleh waktu 60 menit sebesar 81,09%. Isoterm adsorpsi dari adsorben komposit kitosan-karbon aktif mengikuti isoterm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9494, nilai q_m 625 dan nilai K_l 0,0011. Model kinetika adsorpsi dari

adsorben komposit kitosan-karbon aktif mengikuti model kinetika orde dua dengan nilai R^2 0,9602 dengan persamaan $-76,669x + 4887$.

5. DAFTAR NOTASI

Ce = Konsentrasi adsorbat dalam kesetimbangan (mg/L)
 qe = Jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g)
 qm = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
 KI = Konstanta adsorpsi Langmuir (L/mg)
 Ct = Konsentrasi pada saat t=t
 Co = Konsentrasi pada saat t=0
 k = Konstanta kinetika (menit⁻¹)
 t = Waktu (menit)
 R² = Koefisien regresi linier

6. DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar, H., Chairuddin and Hannani, N. (2019) ‘Pembuatan Kitosan Perak Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Logam Besi (Fe) dan Zink (Zn) Pada Air Sungai Desa Kopas Kecamatan Simpang Empat Kabupaten Asahan’, *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, Vol 3 No 2
- Alifaturrahma dan Hendriyanto (2018) ‘Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok sebagai Adsorben untuk Menyisihkan Logam Cu’, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, Vol 8 No (2)
- Caetano, N.S., Silvaa, V.F.M. and Mata, T.M. (2012) ‘Valorization of coffee grounds for biodiesel production’, *Journal Chemical Engineering Transaction*. Vol 1 No 1
- Handayani, M. (2009) ‘Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich’, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN*. Vol 3 No1
- Nucifera, I. F.; Zaharah, T. A.; Syahbanu, I. (2016) ‘Uji Stabilitas Kitosan-Kaolin sebagai Adsorben Logam Berat Cu(II) dalam Air. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol 5 No 2
- Pawitra, T. and Dkk (2021) ‘Sintesis dan Karakterisasi Kitosan-Silika dari Abu Ampas Tebu sebagai Adsorben Logam Berat Cu (II). *Jurnal Lingkungan*. Vol 1 No 2
- Purwanto and Diasmara, G. (2020) ‘Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi Menjadi Bahan Komposit Sebagai Bahan Dasar Alternatif Pembuatan Produk Dompot’. *Jurnal Seni Budaya*. Vol 1 No 2
- Setyawan, M.N., Wardani, S. and Kusumastuti, E. (2018) ‘Arang Kulit Kacang Tanah Teraktivasi H₃PO₄ sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II) dan Diimobilisasi dalam Bata Beton’, *Indonesian Journal of Chemical Science*, Vol 1 No 3
- Supriyantini, E. and Soenardjo, nirwani (2015) ‘Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Pada Akar Dan Buah Mangrove Avicennia marina Di Perairan Tanjung Emas Semarang, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol 2 No 5
- Suwazan, D. and Nurhidayanti, N. (2022) ‘Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Teh Sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Timbal Pada Limbah Cair PT PXI’, *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1)