



Pengolahan Limbah Cair Minyak Bumi Secara Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Kulit Singkong

Marhaini, Sri Martini*, Khairil Iksani

Program Pascasarjana Jurusan Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Palembang
marhainiump@yahoo.co.id, srimartini79@gmail.com*, khairil.iksani.84@gmail.com

Abstrak

Minyak dan gas bumi merupakan salah satu sumber energi utama yang digunakan dalam berbagai aktifitas industri, transportasi dan kegiatan rumah tangga. Hal tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan produksi dan konsumsi bahan bakar dari minyak bumi yang berdampak langsung pada peningkatan volume limbah cair minyak bumi. Dengan demikian, dibutuhkan teknologi pengolahan limbah cair yang efektif dan efisien serta ramah terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini, limbah kulit singkong dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif, yang akan dipergunakan sebagai adsorben untuk menurunkan konsentrasi minyak, BOD₅, COD, sulfida dan amonia dalam limbah cair dengan mempertimbangkan waktu kontak sebagai variabel tetap. Data eksperimen menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit singkong dapat meningkatkan kualitas limbah cair minyak bumi, di mana waktu kontak antara adsorben dan sampel limbah cair berpengaruh pada penurunan konsentrasi polutan hingga mencapai efisiensi penurunan sebesar 36.95, 10, 7.93, 37.5, dan 30.8 % untuk minyak lemak, BOD₅, COD, sulfide, dan amoniak dengan waktu kontak selama 30 jam.

Kata kunci—kulit singkong (*Manihot esculenta*), karbon aktif, limbah cair minyak bumi, COD, amoniak

Abstract

Oil and gas are parts of the main energy sources used in various industry, transportation, and household activities. This condition has caused the increasing numbers of petroleum oil production and consumption leading to the increasing amount of petroleum refinery wastewater directly and indirectly. Therefore, the effective and efficient wastewater treatment technologies are needed. In this work, cassava peel waste was valorized as the source of activated carbon to decrease the concentration of some parameters such as oil grease, BOD₅, dan COD in raw petroleum wastewater by analyzing the influence of contact time on the removal profile of those parameters. Based on the experimental work, activated carbon derived from cassava peel has a reliable ability to increase petroleum wastewater quality to some extent by reaching removal efficiency of oil grease, BOD₅, COD, sulfide, dan ammonia content by 36.95, 10, 7.93, 37.5, and 30.8 %, respectively in 30 h of contact time.

Keywords—cassava peel (*Manihot esculenta*), activated carbon, petroleum wastewater, COD, ammonia.

1. PENDAHULUAN

Minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang menjadi pilihan utama pada berbagai kegiatan di sektor industri, transportasi dan rumah tangga. Dengan demikian, kita selalu dihadapkan pada dilema antara peningkatan produksi bahan bakar fosil dengan pengendalian limbah industri dan pelestarian sumber daya alam. Tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan industri minyak dan gas merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Pada setiap aktivitas perminyakan mulai dari eksplorasi hingga pengilangan minyak, dapat menghasilkan limbah cair termasuk limbah berupa lumpur minyak bumi (*oil sludge*) yang mengandung unsur-unsur logam berat berbahaya [1].

Saat ini terdapat berbagai teknologi untuk mengolah limbah cair industri, termasuk limbah cair minyak bumi seperti pemanfaatan filtrasi membran, oksidasi tingkat tinggi, koagulasi, ozon, kolam lumpur aktif dengan bantuan bakteri, dan proses adsorpsi [2-5]. Meskipun demikian, pengolahan limbah cair minyak bumi secara adsorpsi masih menjadi salah satu pilihan yang praktis dan efektif, yang dapat dilakukan dalam skala kecil maupun besar. Air limbah yang terkontaminasi tersebut dikontakkan dengan adsorben, umumnya berupa karbon aktif, yang bertindak sebagai penyaring dan penyerap berbagai polutan seperti senyawa patogen, padatan terlarut, pewarna sintesis, dan logam berat [6]. Penggunaan adsorben karbon aktif dalam bentuk yang telah digranulasi (*granulated activated carbon*) atau bentuk karbon aktif blok terkompresi dan arang aktif bentuk serbuk dapat dilakukan untuk meningkatkan luas area permukaan karbon yang berfungsi sebagai sisi aktif yang menangkap partikel polutan. Saat ini, pemanfaatan adsorben dengan bahan dasar yang bersifat ramah terhadap lingkungan makin meningkat karena tingkat ketersediaan yang stabil, ekonomis, serta memiliki efisiensi yang tinggi. Literatur

menunjukkan bahwa adsorben yang terbuat dari bahan organik seperti kulit pohon, cangkang kelapa sawit, kulit pisang, kulit buah durian, kulit dan biji buah mangga menunjukkan efisiensi dan efektifitas yang kompetitif terhadap karbon aktif komersil [7-9].

Secara umum, proses adsorpsi pada adsorben termasuk pada arang aktif terjadi melalui beberapa tahapan dasar, yaitu di mulai dari proses peyerapan partikel polutan pada arang bagian luar, kemudian menuju pori-pori arang, dan akhirnya terserap pada dinding bagian dalam arang sehingga kadar minyak dan lemak yang terkandung dalam limbah minyak bumi tersebut dapat diturunkan [10, 11].

Pada penelitian ini, penulis memanfaatkan limbah kulit singkong sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Hal ini didasari beberapa alasan bahwa singkong merupakan salah satu bahan pangan yang khas di Indonesia dan memiliki nilai produksi serta konsumsi yang relatif tinggi. Hal tersebut menunjang aspek ketersediaan bahan baku material adsorben yang ekonomis, ramah lingkungan dan berkelanjutan. Selain itu, beberapa penelitian sebelumnya telah melaporkan bahwa adsorben yang terbuat dari kulit singkong dapat menurunkan konsentrasi beberapa polutan termasuk senyawa organik dan non-organik seperti logam berat [12-14].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Oven merk *Carbolite PN60*, desikator, pengaduk magnetik, neraca analitik, pH meter *Portable Eutech*, alat-alat gelas merk *Pyrex*, botol semprot, *Stopwatch*, *furnace Carbolite AAF 11/7*, dan Spektrofotometer UV VIS merk *Varian UV0909MIII*.

Bahan kimia utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu HCl, NaOH, H₂SO₄, aquades (H₂O). Sampel limbah cair

minyak bumi yang diperoleh dari PT. Pertamina EP Asset 1 cabang Pendopo, Kabupaten Pali Provinsi Sumatera Selatan. Kulit singkong sebagai karbon aktif

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah minyak bumi dilakukan di lokasi PT. Pertamina EP Asset 1 cabang Pendopo di Kabupaten PALI, Propinsi Sumatera Selatan. Setelah tiba di lokasi laboratorium, tahap karakterisasi sampel limbah cair langsung dilakukan. Hal ini bertujuan untuk menguji kualitas air limbah antara lain seperti BOD₅, COD, minyak & lemak, fenol total, temperatur dan pH. Setelah itu, sampel limbah cair disimpan di dalam lemari pendingin (*refrigerator*) laboratorium untuk menghindari kerusakan limbah akibat proses biologis dan kimiawi.

2.2.2 Proses pembuatan karbon aktif

Kulit singkong terlebih dahulu dikupas, lalu dicuci bersih, kemudian dipotong kecil memanjang. Kulit singkong yang telah dipotong memanjang dijemur dibawah sinar matahari sampai kering. Kulit singkong kering dipatah kecil-kecil, ditempatkan dalam beberapa cawan porselin dan ditutup dengan aluminium foil.

Kulit singkong kemudian dimasukkan dalam *furnace* pada suhu 500 °C selama 1 jam. Arang yang terbentuk dikeluarkan dari tungku pembakaran atau *furnace* dan didinginkan dalam deksikator. Arang yang diperoleh digerus kemudian diayak dengan ukuran lolos 100 *mesh*. Arang dengan ukuran 100 *mesh* tersebut dimasukkan kedalam labu *erlenmeyer* 1000 ml dan ditambahkan H₂SO₄ 0,1 N sampai arang terendam, kemudian didiamkan selama 24 jam. Arang kemudian dinetralkan dengan larutan *aquades* dan HCl hingga air hasil pencucian memiliki pH 7. Arang aktif kemudian dikeringkan kembali di dalam oven dengan suhu 110 °C.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakterisasi Limbah

Setelah proses pengambilan dari PT. Pertamina Pendopo, Kabupaten Pali Provinsi Sumatera Selatan, sample limbah cair minyak bumi dikarakterisasi agar dapat diketahui nilai beberapa parameter awal dari limbah tersebut. Hasil analisa ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi limbah cair minyak bumi yang digunakan dalam penelitian ini.

Parameter	Konsentrasi	Metode pengukuran
BOD 5	29500	SNI 06-2503-1991
COD	74102	SNI 06-6989 : 2-2004 atau SNI 06-6989 : 15-2004 atau APHA 5220
Minyak & Lemak	368	SNI 06-6989 : 10-2004
Sulfida Terlarut	0.72	SNI 06-2470-1991 atau APHA 4500-S2-
Amonia	379	SNI 06-6989 : 30-2005 atau APHA 4500-NH3
Fenol	0.8	SNI 06-6989 : 21-2005
Temperatur	27.6	SNI 06-6989 : 23-2005
pH	6.03	SNI 06-6989 : 11-2004

Kemudian, setelah dilakukan karakterisasi awal pada limbah cair minyak bumi yang diperoleh, maka tahap selanjutnya adalah proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben yang terbuat dari kulit singkong yang telah diaktifkan melalui proses karbonisasi, sebagaimana yang diilustrasikan pada gambar 1 - 3.



Gambar 1. Proses pengeringan kulit singkong



Gambar 2. Proses karbonisasi.

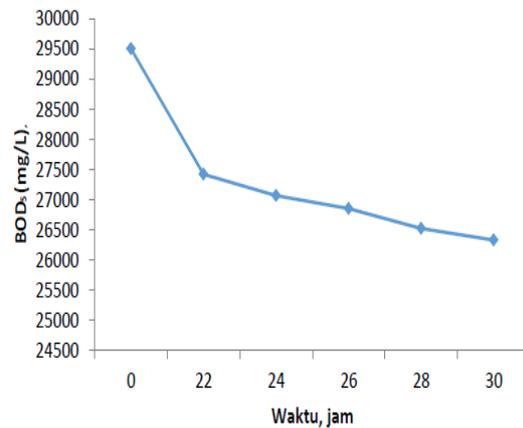


Gambar 3. Proses pemisahan karbon aktif dari kulit singkong dari limbah cair minyak bumi

3.1 Pengaruh Waktu Penyerapan Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar BOD₅ pada Limbah Minyak Bumi.

Gambar 4 menunjukkan pengaruh waktu kontak karbon aktif terhadap penurunan kadar BOD₅ pada limbah cair minyak bumi. Berdasarkan gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa pada setiap penambahan waktu penyerapan, terjadi penurunan kadar BOD₅. Konsentrasi BOD₅ sebelum dilakukan adsorpsi adalah 29500 mg/L, setelah dilakukan adsorpsi selama 22 jam, nilainya berubah menjadi 27420 mg/L, lalu pada waktu 24 jam kembali berubah menjadi 27068 mg/L. Setelah 26 jam, nilainya kembali turun menjadi 26850 mg/L, dan setelah 30 jam, nilainya menjadi 26328 mg/L atau mengalami penurunan sebesar 10%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak, maka akan berbanding

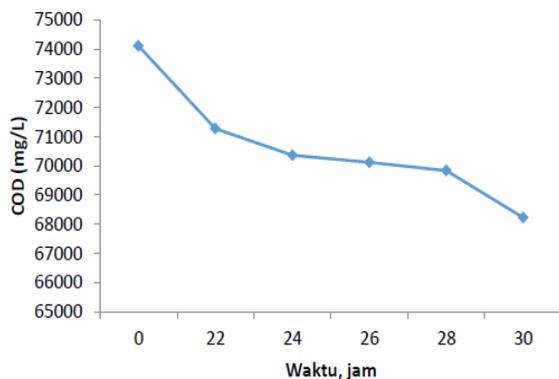
lurus dengan penurunan konsentrasi BOD₅. Meskipun nilai persentase penurunannya relatif kecil, namun karena nilai BOD₅ awal dari limbah cair ini sangat tinggi, maka dapat disimpulkan bahwa penurunan sebesar 10% atau sekitar 3127 mg/L selama 30 jam masih tergolong efektif dan efisien.



Gambar 4. Pengaruh waktu penyerapan karbon aktif terhadap penurunan konsentrasi BOD₅.

3.2 Pengaruh Waktu Penyerapan Karbon Aktif Terhadap Penurunan Kadar COD

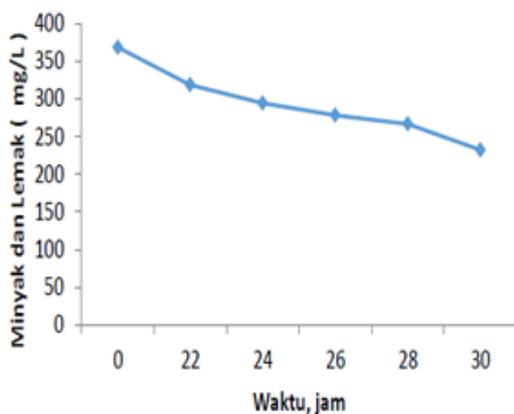
Gambar 5 menunjukkan pengaruh waktu penyerapan karbon aktif terhadap konsentrasi COD pada limbah minyak bumi, dimana dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan waktu penyerapan, maka turut terjadi penurunan kadar COD. Berdasarkan gambar 5, kadar COD sebelum dilakukan penyerapan adalah 74102 mg/L, setelah proses adsorpsi selama 22 jam, konsentrasinya menjadi 71264 mg/L. Pada waktu 24 jam, kembali menurun menjadi 70356 mg/L, dan setelah 26 jam nilainya berkisar 70122 mg/L. Akhirnya, setelah 30 jam waktu kontak, konsentrasi COD turun menjadi 68224 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif dapat mengurangi kadar COD yang ada didalam limbah minyak bumi. Dengan demikian, diasumsikan karbon aktif dari kulit singkong ini memiliki daya serap dan luas permukaan yang cukup baik [15].



Gambar 5. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi COD.

3.3 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak

Gambar 6 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap konsentrasi minyak pada limbah. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kadar polutan sebelum dilakukan penyerapan adalah 368 mg/L, setelah proses adsorpsi, maka terjadi penurunan nilai polutan menjadi 318 mg/L atau menurun sebesar 13.59 % pada 22 jam pertama. Selanjutnya setelah 24 jam menjadi 294 mg/L, dan akhirnya pada waktu 30 jam, konsentrasi minyak lemak menjadi 232 mg/L atau menurun sebesar 36.96 %.

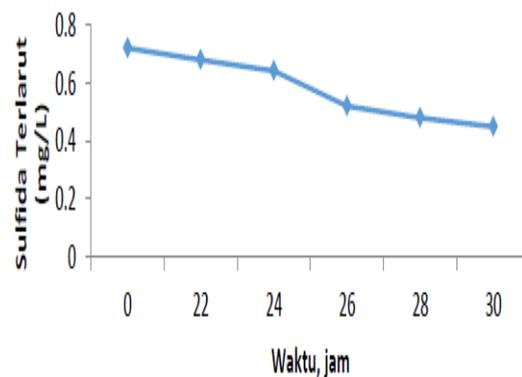


Gambar 6. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi minyak dan lemak.

Dengan demikian, arang aktif yang terbuat kulit ubi kayu ini mampu menurunkan kadar minyak dan lemak pada limbah minyak bumi. Dibanding parameter lain, persentase penurunan minyak lemak tergolong tinggi, hal ini dikarenakan nilai awal konsentrasi minyak lemak sampel limbah sebelum proses adsorpsi hanya sebesar 368 mg/L.

3.4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Kadar Sulfida Terlarut.

Gambar 7 menunjukkan pengaruh waktu kontak antara adsorben arang aktif dan adsorbat sulfida terlarut pada limbah minyak bumi. Berdasarkan gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan waktu kontak terjadi penurunan kadar polutan. Dari konsentrasi sulfida awal yaitu 0.72 mg/L, menurun menjadi 0.68 mg/L pada 22 jam pertama. Setelah 24 jam, nilainya menjadi 0.64 mg/L atau menurun sekitar 11.11%. Selanjutnya pada waktu 26 jam menurun kembali menjadi 0.52 mg/L, hingga waktu 30 jam nilai konsentrasi sulfida dalam sampel limbah menjadi sebesar 0.45 mg/L atau mengalami penurunan sebesar 37.50 %.



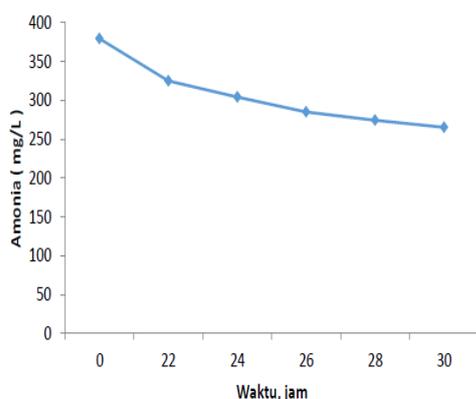
Gambar 7. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi sulfida terlarut.

Meskipun menunjukkan penurunan yang terus menerus seiring penambahan waktu kontak, kemampuan adsorben dalam menyerap H_2S akan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan adsorben mencapai titik jenuh. Adsorben dikatakan sudah jenuh jika gas H_2S yang melewati kolom adsorber tidak bisa teradsorpsi lagi karena pori-pori

pada permukaan adsorben sudah tertutupi oleh partikel H_2S yang terserap [16]. Asumsi teoritis yang sama berlaku untuk penurunan nilai polutan – polutan lainnya yang terkandung dalam limbah cair.

3.5 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penurunan Konsentrasi Amonia

Gambar 8 menunjukkan pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi amonia pada limbah cair minyak bumi. Pada grafik tersebut ditunjukkan bahwa kadar amoniak sebelum dilakukan penyerapan adalah 379 mg/L, dan setelah 22 jam, nilainya menjadi 325 mg/L. Pada saat mencapai waktu 24 jam, ia kembali turun menjadi 304 mg/L atau menurun sebesar 19,79%. Setelah 26 jam, nilainya berubah menjadi 285 mg/L, dan akhirnya menjadi 265 mg/L atau memiliki nilai efisiensi penurunan ammonia sebesar 30,08 % setelah 30 jam.



Gambar 8. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan konsentrasi ammonia.

Dengan demikian, kadar amoniak dalam limbah minyak bumi dapat diturunkan dengan melakukan variasi lama waktu kontak dengan karbon aktif, meskipun hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lainnya termasuk kondisi operasi yang ditetapkan dan karakteristik limbah yang digunakan [17].

4. KESIMPULAN

1. Dalam penelitian ini, limbah kulit singkong digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif. Karbon aktif tersebut diaktifasi secara termal, lalu dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengolah limbah cair minyak bumi secara adsorpsi.
2. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa adsorben teraktifasi dapat menurunkan konsentrasi minyak, BOD_5 , COD, sulfida dan amoniak dalam limbah cair. Peningkatan kualitas limbah cair minyak bumi ini terkait dengan variabel waktu kontak yang memadai antara adsorben dan sampel limbah cair. Dengan demikian, lamanya waktu kontak berpengaruh pada penurunan konsentrasi polutan hingga mencapai efisiensi penurunan sebesar 36.95, 10, 7.93, 37.5, dan 30.8 % untuk minyak lemak, BOD_5 , dan COD, sulfida dan amoniak secara berturut – turut dengan waktu kontak 30 jam.

5. SARAN

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan menambah variabel tetap seperti dosis adsorben, pH, dan temperatur dalam proses adsorpsi. Selain itu, dapat dilakukan penambahan proses aktifasi lainnya pada adsorben mentah yang akan dijadikan karbon aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.L. Burks, *Review of pollutants in petroleum refinery wastewaters and effect upon aquatic organisms*, Environment International, 7 (1982) 271-283.

- [2] S. Martini, H.M. Ang, *Hybrid TiO₂/UV/PVDF ultrafiltration membrane for raw canola oil wastewater treatment*, Desalination and water treatment, 148 (2019) 51-59.
- [3] S. Martini, H.M. Ang, H. Znad, *Integrated ultrafiltration membrane unit for efficient petroleum refinery effluent treatment*, Clean Soil Air Water, 45 (2017) 1-9.
- [4] S. Martini, H.T. Znad, H.M. Ang, *Photo-assisted fenton process for the treatment of canola oil effluent*, Chemeca 2014: Processing excellence; Powering our future, (2014) 1519.
- [5] S. Afroze, T.K. Sen, M. Ang, H. Nishioka, *Adsorption of methylene blue dye from aqueous solution by novel biomass Eucalyptus sheathiana bark: equilibrium, kinetics, thermodynamics and mechanism*, Desalination and Water Treatment, (2015) 1-21.
- [6] N.P. Cheremisinoff, *Handbook of water and wastewater treatment technologies*, Butterworth-Heinemann, 2001.
- [7] L. Maulinda, Z. Nasrul, D.N. Sari, *Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif*, Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 4 (2017) 11-19.
- [8] S. Martini, S. Afroze, K.A. Roni, *Modified eucalyptus bark as a sorbent for simultaneous removal of COD, oil, and Cr (III) from industrial wastewater*, Alexandria Engineering Journal, 59 (2020) 1637-1648.
- [9] R. Wahi, L.A. Chuah, T.S.Y. Choong, Z. Ngaini, M.M. Nourouzi, *Oil removal from aqueous state by natural fibrous sorbent: an overview*, Separation and Purification Technology, 113 (2013) 51-63.
- [10] S. Martini, *Development of an Efficient Integrated System for Industrial Oily Wastewater Treatment*, in, Curtin University, 2016.
- [11] R.-L. Tseng, F.-C. Wu, R.-S. Juang, *Liquid-phase adsorption of dyes and phenols using pinewood-based activated carbons*, Carbon, 41 (2003) 487-495.
- [12] H. Wijaya, *Pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari limbah kulit singkong (Manihot utilissima) dengan aktivator ZnCl₂ dan NaCl untuk mengadsorpsi senyawa fenantrena*, (2018).
- [13] L.N. Latifah, *Adsorpsi Ion Logam Ca²⁺ dengan arang aktif dari limbah kulit singkong*, in, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, 2015.
- [14] K.E. Hutapea, *Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn dari Air Sumur dengan Menggunakan Kulit Singkong Sebagai Adsorben*, (2018).
- [15] R.C. Bansal, M. Goyal, *Activated carbon adsorption*, CRC press, 2005.
- [16] A. Alwathan, M. Mustafa, R. Thahir, *Pengurangan kadar H₂S dari biogas limbah cair rumah sakit dengan metode adsorpsi*, Konversi, 2 (2013) 1-6.
- [17] I. Irmanto, S. Suyata, *Penurunan kadar amonia, nitrit, dan nitrat limbah cair industri tahu menggunakan arang aktif dari ampas kopi*, Molekul, 4 (2009) 105-114.