

PENYISIHAN LOGAM BERAT BESI (Fe) PADA AIR SUNGAI MUSI SECARA KONTINYU MENGGUNAKAN KARBON AKTIF TONGKOL JAGUNG TERAKTIVASI HCl

Annisa Shafira¹, Rusdianasari^{2,*}, Ibnu Hajar³

¹Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknologi Kimia Industri

²Magister Terapan, Program Studi Teknik Energi Terbarukan

³Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Kimia

Politeknik Negeri Sriwijaya, Jalan Bukit Besar Palembang

*e-mail : rusdianasari@polsri.ac.id

Abstract

Numerous instances of heavy metal contamination have been documented in Indonesian aquatic ecosystems, prompting the exploration of remediation strategies. Removal of heavy metals can be done by adsorption method. Economical adsorbents have been developed in recent years by utilizing organic waste as activated carbon. Corn cob is one of the organic wastes that can be used as activated carbon, thereby reducing environmental pollution and increasing its economic value. The purpose of this study was to obtain the type of activated carbon from corn cobs according to SNI 06-3730-1995 standards and to determine the adsorption capacity of corn cobs for heavy metals in Musi River water using the continuous method. The experimental approach involves continuous flow conditions, with variations in carbonization temperature (300 °C and 500 °C) and bed height (10 cm and 20 cm). The water from the Musi River, confined within a ten-liter container, was propelled upward, accompanied by flow rate adjustments spanning 10, 15, 20, 25, and 30 mL/minute for 15 minutes, flowing through 2 tubes containing activated carbon. Optimal adsorption efficiency was obtained at a carbonization temperature of 500 °C, a flow rate of 15 mL/minute, and a bed height of 20 cm, culminating in a 67% removal rate.

Keywords: adsorption, corn cob, continue, heavy metals.

PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan menjadi perhatian dan terus terjadi akibat ulah manusia dan kemajuan teknologi. Industrialisasi berbagai kegiatan industri kemungkinan akan memberikan kontribusi terhadap pencemaran zat-zat seperti logam berat. [1]. Logam berat yang dilepaskan ke perairan akibat industrialisasi dan urbanisasi telah mengakibatkan penurunan kualitas air yang signifikan [2].

Kasus pencemaran air akibat logam berat telah banyak terjadi di Indonesia, salah satunya adalah kasus pencemaran logam

besi di Sungai Musi Palembang. Menurut penelitian terdahulu ditemukan kadar logam besi sebesar 288 mg/L sampai dengan 453 mg/L [3]. Penelitian lain menyebutkan, ditemukan lebih dari 10 mg/L kandungan logam besi pada air Sungai Musi [4]. Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 32 tahun 2017 yaitu batas maksimal kandungan logam besi sebesar 1 mg/L pada air bersih. Provinsi Sumatera Selatan memiliki sekitar 20 industri yang berada di hilir Sungai Musi, yaitu kerajinan kayu, karet, pupuk, keramik, jangkar kapal, deterjen, minyak, gas, cold storage, elektroplating dan air minum. Dapat

dipastikan Sungai Musi tercemar logam berat akibat dari aktivitas industri disekitar Sungai Musi [5].

Penyisihan logam berat dapat dilakukan dengan metode reduksi, proses membran, pertukaran ion, ekstraksi pelarut, elektrokimia, dan eveporasi, karena membutuhkan biaya operasional yang cukup besar, metode ini dianggap kurang efektif. Metode hemat biaya yang dianggap menguntungkan untuk menghilangkan logam berat adalah adsorpsi [6]. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak adsorben berbiaya rendah telah dikembangkan dari limbah organik [7].

Salah satu limbah organik yang dapat dijadikan sebagai adsorben ekonomis adalah tongkol jagung. Dampak dari banyaknya jagung yang dikonsumsi menyebabkan bertambahnya limbah tongkol jagung yang berpotensi mencemari lingkungan, sehingga tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk meningkatkan nilai ekonominya yaitu diolah menjadi arang aktif atau karbon aktif. Produksi jagung di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, khususnya di provinsi Sumatera Selatan. Pada tahun 2019 Sumatera Selatan berada di urutan kelima sebagai penghasil jagung terbesar nasional, dengan hasil panen 859.843 ton jagung di atas lahan seluas 112.00 hektar [8].

Tongkol jagung memiliki kadar selulosa (41%) dan hemiselulosa (36%) yang sangat tinggi dalam kandungan karbon, yang menunjukkan bahwa tongkol jagung memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan untuk membuat arang aktif. Arang aktif yang berasal dari tongkol jagung memiliki beberapa keuntungan, bahan yang murah, mudah dibuat, mudah digunakan, aman dan tahan lama [9].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan dengan mengaplikasikan karbon aktif tongkol jagung sebagai adsorben logam berat besi pada air sungai Musi menggunakan metode kontinyu dengan memvariasikan laju alir dan tinggi

bed, temperatur karbonisasi, dan beberapa variabel tetap.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi; *furnace*, oven, ayakan, neraca analitik, desikator, pompa, tabung, *flowmeter*, cawan porselin, pH meter, dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi; tongkol jagung 10 kg, asam klorida teknis 32%, aquadest, dan air Sungai Musi.

Preparasi Bahan Baku

Pembuatan karbon aktif dimulai dengan tongkol jagung dibersihkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel pada tongkol jagung, bahan baku yang bersih dapat meningkatkan kualitas produk. selain itu untuk mengurangi kelembapan dan mengurangi kontaminan saat proses pemanasan dalam *furnace* tongkol jagung dijemur dibawah sinar matahari hingga kering.

Proses Karbonisasi

Tongkol jagung yang telah bersih dan kering, diletakkan di dalam kendi yang kemudian dipanaskan dalam *furnace* dengan memvariasikan temperatur pemanasan yaitu 300 °C dan 500 °C selama 2 jam. Hasil dari proses karbonisasi digerus dan diayak dengan ukuran kurang lebih 10 mesh.

Aktivasi Karbon Aktif

Arang yang telah ditimbang diaktivasi secara kimiawi dengan direndam selama 24 jam dalam aktivator asam, HCl 2M. Setelah itu, air ditiriskan.

Air suling digunakan untuk membersihkan karbon aktif sampai pH netral. Selama 1 jam, keringkan dalam oven

pada suhu 130 °C. Kemudian, biarkan dingin di dalam desikator.

Analisa Kualitas Karbon Aktif

Analisa Kadar Air

Karbon aktif ditimbang sejumlah 1 gram dan masukkan ke dalam beaker porselen yang telah diketahui beratnya. Selama 1 jam, karbon aktif dikeringkan dalam oven pada suhu 130 °C. Setelah itu, selama 15 menit, karbon aktif didinginkan dalam desikator.

Analisa Kadar Abu

Karbon aktif ditimbang sejumlah 1 gram dan dimasukkan ke dalam beaker porselin yang telah diketahui beratnya, kemudian dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 700 °C sampai benar-benar menjadi abu. Setelah itu, karbon aktif didinginkan selama 15 menit dalam desikator.

Analisa Daya Serap Iodium

Untuk mengukur kemampuan daya serap karbon aktif yang diperoleh, dilakukan analisa daya serap terhadap iodium dengan cara, timbang dan campurkan 5 gram karbon aktif dengan 10 mL larutan iodium 0,1 N dengan *shaker* selama 15 menit. Kemudian pindahkan ke tabung sentrifuse sampai karbon aktif mengendap. Kemudian ambil 10 mL cairan dan titrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N sampai warna kuning mulai hilang dari larutan. Tambahkan 1% amilum saat warna kuning mulai hilang dari larutan. Indikator kembali ke biru tua sampai jernih.

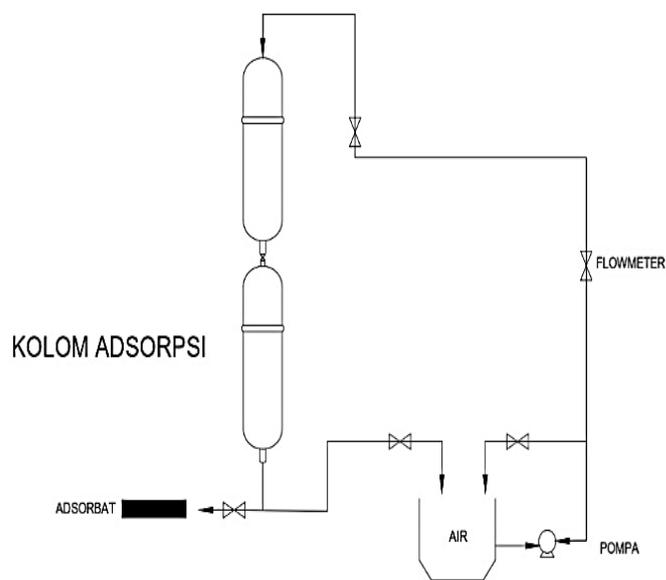
Proses Pengaplikasian

Karbon aktif dimasukan ke dalam tabung dengan memvariasikan tinggi kolom 10 cm dan 20 cm, variasi tinggi 10 cm sebanyak 98 gram karbon aktif 300 °C dan 108 gram karbon aktif 500 °C, variasi tinggi 20 cm sebanyak 174 gram karbon aktif 300 °C dan 192 gram karbon aktif 500 °C,

dibagian atas dan bawah tabung dilengkapi dengan kapas penyaring. Air sungai musi yang berada di dalam ember sebanyak 10 L dipompakan ke atas dengan variasi laju alir 10, 15, 20, 25 dan 30 mL/menit. *Stopwatch* dinyalakan ketika air menetes pertama kali, dengan waktu 15 menit air sungai musi dialirkan melewati 2 tabung yang berisi karbon aktif.

Hasil akhir dimasukan ke dalam botol sampel sebanyak 250 ml, sampel dilakukan pengujian kadar logam menggunakan AAS untuk melihat seberapa efektif karbon menyerap logam berat pada air sungai.

Seperangkat alat adsorpsi yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancang alat adsorpsi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas penyerapan dari karbon aktif terhadap logam berat besi (Fe) diuji dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) dan didapatkan data efisiensi penyerapan.

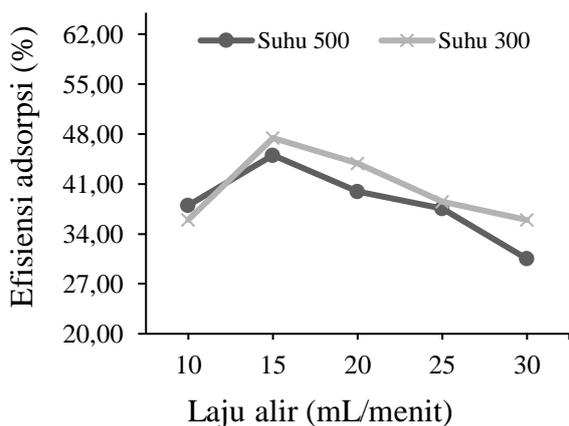
Karbon aktif tongkol jagung yang diperoleh diuji kualitasnya dengan menghitung kadar abu, kadar air dan daya serap terhadap iodium sesuai baku mutu karbon aktif menurut SII No. 0258-88.

Pengaruh Laju Alir dan Tinggi Bed terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Besi (Fe) pada Air Sungai Musi

Pengaruh laju alir dan tinggi bed dalam penyisihan logam berat besi (Fe) dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Setiap variasi laju alir menunjukkan persentase efisiensi adsorpsi dari yang tertinggi hingga terendah.

Pada Gambar 2 menunjukkan variasi tinggi 10 cm dapat meningkatkan penyerapan namun belum semaksimal pada ketinggian 20 cm dengan efisiensi sebesar 56,78%. Efisiensi adsorpsi pada tinggi 10 cm yang dihasilkan yaitu sebesar 47,44% pada laju alir 15 mL/menit dengan karbon aktif yang dikarbonisasi pada suhu 300 °C.

Hal ini disebabkan karena adanya zona perpindahan massa yang pendek. Berdasarkan penelitian Aini [10], volume adsorben yang lebih sedikit menyebabkan kontak adsorbat terhadap adsorben yang sedikit, sehingga sedikit pula luas permukaan dan logam yang terserap oleh karbon aktif pun sedikit.



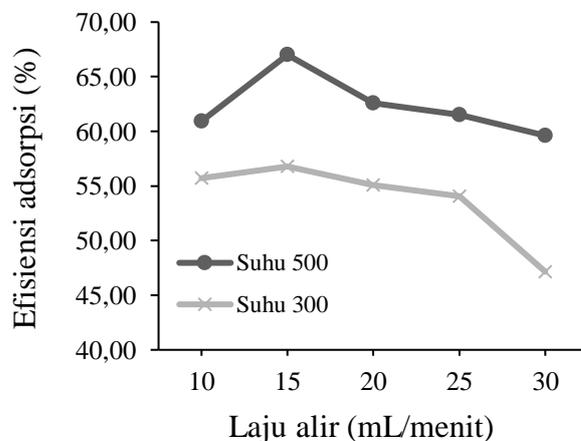
Gambar 2. Grafik hubungan laju alir dengan % efisiensi adsorpsi pada tinggi bed 10 cm

Pada Gambar 2 juga terlihat dengan rentang laju alir 10 mL/menit; 15 mL/menit; 20 mL/menit; 25 mL/menit; 25 mL/menit; dan 30 mL/menit. Efisiensi optimum terdapat pada laju alir 15 mL/menit dan efisiensi adsorpsi yang kurang optimum pada laju alir yang cepat. Hal ini dikarenakan

semakin cepat laju alir melalui kolom adsorpsi, semakin cepat pula adsorben menjadi jenuh. Keadaan adsorben jenuh dapat diketahui dari persen penyisihan yang menurun [10].

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa 20 cm adalah ketinggian terbaik untuk menyerap logam berat besi (Fe), karena volume adsorben yang lebih tinggi atau lebih besar dalam kolom adsorpsi menghasilkan lebih banyak adsorbat dan lebih lama waktu jenuhnya. Penyisihan logam terbaik diperoleh pada laju alir 15 mL/menit.

Hal ini dikarenakan semakin banyak logam yang teradsorpsi maka semakin besar pula jumlah adsorben yang digunakan pada ketinggian 20 cm. Menghasilkan penyisihan logam yang paling optimum yaitu pada jenis karbon aktif 500 °C sebesar 60,92%; 67,00%; 62,57%; 61,51% dan 59,61%, pada laju alir 15 mL/menit merupakan yang tertinggi dari efisiensi adsorpsi lainnya, persen efisiensi adsorpsi yang kurang optimum pada pada jenis karbon aktif 300 °C. Pada proses adsorpsi secara kontinyu tinggi kolom dan laju alir sangat berpengaruh pada efisiensi penyerapan, karena ketinggian adsorben yang semakin tinggi dan laju alir yang kecil maka mendapat hasil penyisihan yang kurang optimum [11].



Gambar 3. Grafik hubungan laju alir dengan % efisiensi adsorpsi pada tinggi bed 20 cm

Karakteristik Karbon Aktif

Kadar Air

Berdasarkan Tabel 1. diketahui kadar air minimal terdapat pada karbon aktif 500 °C dan karbon aktif 300 °C sebesar 3% dimana kadar air yang terkandung tersebut memenuhi baku mutu persyaratan menurut SII No. 0258-88 yaitu sebesar 4,5%.

Tabel 1. Pengukuran kadar air karbon aktif tongkol jagung

Pengukuran	Kadar Air (%)	Kadar Air Sesuai SNI (%)
Karbon aktif 500°C	3	Maks 4,5
Karbon aktif 300°C	3	

Tujuan pengukuran kadar air adalah untuk mengetahui higroskopisitas karbon aktif, yang biasanya memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap air. Properti yang sangat higroskopis ini memungkinkan karbon aktif digunakan sebagai penyerap. Kadar air yang terserap sangat dipengaruhi oleh suhu dan waktu penggorengan. Dengan naiknya suhu dan bertambahnya waktu penggorengan, kadar air menurun [12]. Oleh karena itu, pemanasan karbon aktif pada suhu 130 °C memenuhi baku mutu yang relevan untuk kadar air sesuai SII No. 0258-88.

Kadar Abu

Kadar abu arang aktif tongkol jagung ditentukan untuk mengetahui kandungan oksida logam karbon aktif. Kadar abu karbon aktif merupakan residu yang tertinggal pada saat karbon aktif dibakar. Berdasarkan Syarat Industri Indonesia (SII), kadar abu total karbon aktif dalam bentuk butiran halus maksimal 2,5%

Tabel 2. Pengukuran kadar abu karbon aktif tongkol jagung

Pengukuran	Kadar Abu (%)	Kadar Abu Sesuai SNI (%)
Karbon aktif 500°C	11	Maks 2,5
Karbon aktif 300°C	11	

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa kedua jenis karbon aktif memiliki kadar abu diatas 2,5% yaitu melewati batas maksimum kadar abu berdasarkan standar SII No. 0258-88. Hal ini dikarenakan ketika tongkol jagung dipanaskan dalam furnace, suhu yang tinggi dapat mengakibatkan terbentuknya abu dari sisa-sisa mineral dan material lain yang ada dalam tongkol jagung. Jika semua bagian tongkol jagung tidak terbakar sepenuhnya, residu ini dapat berkontribusi pada peningkatan kadar abu. Selain itu, Kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Kelebihan abu dapat menyumbat pori-pori karbon aktif dan mengurangi luas permukaan karbon aktif [13].

Daya Serap Terhadap Iodium

Kapasitas adsorpsi karbon aktif tergantung pada luas permukaan karbon aktif. Nilai iodium terkait dengan kapasitas adsorpsi adsorben atau zat terlarut, dan nilai iodium terkait dengan kapasitas penyerapan iodium, yang berarti kualitas karbon aktif akan menyerap lebih baik. Parameter yang sangat penting untuk menentukan kualitas karbon aktif sebagai adsorben adalah porositas permukaannya [13].

Karena luas permukaan pori yang besar adalah salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi adsorpsi adsorben, permukaan pori merupakan parameter penting untuk mengevaluasi kualitas karbon aktif sebagai adsorben.

Tabel 3. Pengukuran daya serap iodium karbon aktif tongkol jagung

Pengukuran	Daya Serap Iodium (mg/g)	Daya Serap Iodium Sesuai SNI (mg/g)
Karbon aktif 500°C	731,11	
Karbon aktif 300°C	507,72	Maks 750

Tabel 3 menunjukkan bahwa karbon aktif yang dikarbonisasi memiliki daya serap iodin maksimal sebesar 731,11 mg/g ketika dipanaskan pada 500 °C, dan daya serap iodin minimal sebesar 507,72 mg/g ketika dipanaskan pada 300 °C. Daya serap iodin

yang diperoleh dalam penelitian ini memenuhi SII No. 0258-88 dengan batas maksimal 750 mg/g.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Efisiensi adsorpsi yang optimum didapatkan pada temperatur 500 °C pada laju alir 15 mL/menit dan tinggi bed 20 cm yaitu sebesar 67%.
2. Variasi yang signifikan terlihat pada tinggi bed yang optimum yaitu 20 cm karena salah satu faktor tinggi rendah penyerapan pada adsorpsi adalah luas permukaan adsorban yang lebih besar, yang menghasilkan penyerapan maksimum.
3. Berdasarkan hasil analisa kadar air kedua karbon aktif tongkol jagung telah memenuhi baku mutu, sedangkan kadar abu melebihi batas maksimal baku mutu, dan hasil dari analisa daya serap iodin yang diperoleh pada penelitian ini telah memenuhi baku mutu SII No. 0258-88 pada karbon aktif 500 °C

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Umiatin, B., Nasbey, Bintoro, Wulandari, & Erlina, 2018. *Adsorption and pore of physical-chemical activated coconut shell charcoal carbon*. Materials Science and Engineering, 335.
- [2] Rahayu, D. R., & Mangkoedihardjo, S., 2020. *Kajian bioaugmentasi untuk menurunkan konsentrasi logam berat di wilayah perairan menggunakan bakteri (studi kasus: pencemaran merkuri di sungai krueng sabee, Aceh Jaya)*. Jurnal Teknik ITS, 2337-3539.
- [3] Setianto, H., & Fahrtsani, H., 2019. *Faktor determinan yang berpengaruh terhadap pencemaran sungai musi kota Palembang*. Media Komunikas Geografi, 186-198.
- [4] Ayu, S. P., & Taufik, M., 2021. *The effectiveness of waste tea leaves (camellia sinensis) as bio adsorbent to adsorb Fe and Pb metals in Musi river Palembang*. Jurnal Kinetika, 60-65.
- [5] Ayu, W., Dietrich, Prartono, T., & Riani, E., 2015. *Concentration heavy metals (Cu and Pb) in Musi river estuary*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 453-463.
- [6] Alfarra, Ali, & Yusoff., 2014. *Removal of heavy metals by natural adsorbent*. International Journal Of Biosciences, 7.
- [7] Fauzan, R., Suryani, Yuhani, Juanda, & Diana, S., 2022. *Penyisihan logam berat timbal pada air limbah industri menggunakan nano-karbon aktif terimpregnasi NaOH dan H₃PO₄ berbasis tempurung kelapa sawit*. Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe, 2598-3954.
- [8] Statistik, B. P., 2020. *Produksi jagung dan kedelai menurut kabupaten/kota di Provinsi Sumatera Selatan*. Sumatera Selatan: Sistem Informasi Satu Data Sumsel.
- [9] Rizkyi, I. P., Susatyo, E. B., & Susilaningih, E., 2016. *Aktivasi arang tongkol jagung menggunakan HCl sebagai adsorben ion Cd (II)*. Indonesian Journal of Chemical Science.
- [10] Aini, S., & Supratikno, S., 2018. *Penerapan lima model kesetimbangan adsorpsi isoterm pada adsorpsi ion logam chrom VI oleh zeolit*. Eksergi, 15(2), 48-53
- [11] Damayanti, L. K., & Hidayah, E. N., 2021. *Pengaruh adsorben komersial terhadap penurunan fosfat dan*

- surfaktan anionik pada air limbah laundry. Envirous.*
- [12] Rusdianasari, Taufik, M., Y. B., & Fitria, M. S., 2020. *Application of nanosilica from rice husk ash as iron metal (Fe) adsorbent in textile wastewater*. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry, 7-12.
- [13] Laos, L. E., & Selan, A., 2016. *Pemanfaatan kulit singkong sebagai bahan baku karbon aktif*. Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika, 32-36.
- [14] Rusdianasari, Bow, Y., & Dewi, T., 2018. *Peat water treatment by electrocoagulation using aluminium electrodes*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 258.
- [15] Rusdianasari, Meidinariasty, A., & Purnamasari, I., 2015. *Level decreasing kinetics model of heavy metal contents in the coal stockpile wastewater with electrocoagulation*. International Journal On Advanced Science Engineering Information Technology.
- [16] Yopianita, A., Syarif, A., Yerizam, M., & Rusdianasari., 2022. *Biocoal characterization as an environmentally friendly alternative energy innovation composite variations of gasified char with coconut shell charcoal*. Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry, 68-79.