



e-ISSN Number
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

Journal of Chemical Process Engineering

Volume 4 Nomor 1 (2019)



SINTA Accreditation Number
10/E/KPT/2019

Adsorpsi Gas CO₂ Menggunakan Kapur Tohor, Arang Aktif Dan Zeolit Pada Kendaraan Bermotor Roda Dua

(Adsorption of CO₂ Using Quicklime, Activated Charcoal and Zeolite in Motorcycle)

Abdur Rifai Ramli, Andi Suryanto, Syamsuddin Yani

Program Magister Teknik Kimia, Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumiharjo No. 225 Makassar 90232

Inti Sari

Pemanasan global yang terjadi akibat emisi gas rumah kaca merupakan salah satu persoalan yang menjadi perhatian dunia secara luas dalam dekade terakhir. Berbagai upaya pengendalian emisi gas CO₂ yang menjadi komponen utama gas rumah kaca telah banyak diupayakan dan diteliti, antara lain penggunaan teknologi *zero emission* dan pengendalian gas CO₂ pada sumber emisi. Penelitian ini difokuskan pada upaya pengurangan kandungan CO₂ dari gas buang kendaraan bermotor roda dua dengan metode adsorpsi menggunakan 3 jenis adsorben (kapur tohor, arang aktif, dan zeolit), dengan variasi massa adsorben 50 gram, 100 gram, dan 150 gram. Selain itu dilakukan juga pengamatan daya adsorpsi dari campuran ketiga jenis adsorben tersebut dalam berbagai komposisi. Pengukuran emisi dilakukan sebelum dan setelah penggunaan adsorben menggunakan *flux 4005 infrared multigas analyser* pada menit ke 1, 5, 10, 15 dan 20. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorpsi maksimal terjadi pada berat 150 gram dan menit ke 10 untuk setiap jenis adsorben. Adsorben yang paling besar daya adsorpsinya adalah kapur tohor yaitu 30,68% kemudian zeolit sebesar 28,94% dan yang paling kecil adalah arang aktif sebesar 27,45%. Komposisi campuran adsorben yang paling besar daya adsorpsinya adalah perbandingan 1 : 1 : 1 (K1Z1A1) dengan daya adsorpsi CO₂ sebesar 27,61%.

Kata Kunci: emisi karbon dioksida, adsorpsi, adsorben, kapur tohor, arang aktif, zeolit

Key Words : CO₂ emissions, adsorption, adsorber, quicklime, activated charcoal, zeolite.

Abstract

Global warming resulted from the emission of greenhouse gases has become a widespread concern in the recent years. Therefore a lot of efforts and researches to reduce emission of CO₂ as main component of greenhouse gases are performed, for example : zero emission technology using and CO₂ capturing system at the exhaust of chemical processing system. This research is focused on decreasing the level of CO₂ from exhaust gases of motorcycle by adsorption method using 3 types of adsorbents (quicklime, activated charcoal, and zeolite), with adsorbent masses of 50, 100, and 150 grams. In addition, the adsorption of a mixture of three types of adsorbents in various mixed compositions was also observed. Emission measurements were carried out before and after the use of adsorbent using 4005 infrared multigas flux analyzer in minutes 1, 5, 10, 15 and 20. The results showed that maximum adsorption occurred at a weight of 150 grams and 10 minutes for each type of adsorbent. The biggest adsorption is quicklime

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Phone Number

+62 852 5560 3559
+62 823 4988 0792

Corresponding Author

rifaimitk12@gmail.com



Journal History

Paper received : 06 April 2019
Received in revised form: 17 Mei 2019
Accepted : 23 Mei 2019

which is 30.68% then zeolite by 28.94% and the smallest is activated charcoal by 27.45%. The composition of the adsorbent mixture with the greatest adsorption power is the ratio of 1: 1: 1 (KIZIAI) with CO₂ adsorption power of 27.61%

PENDAHULUAN

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca diyakini sebagai salah satu penyebab dari terjadinya pemanasan global (Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral 2012). Gas CO₂ yang menjadi komponen utama gas rumah kaca dalam atmosfer mengalami peningkatan dari kisaran 393 ppm ditahun 2013 menjadi 404 ppm di tahun 2017 (Earth System Research Laboratory 2018). Bahkan diperkirakan level ini akan terus meningkat dan mencapai 1000 ppm pada tahun 2100. (Bkour dkk. 2016)

Emisi gas rumah kaca di Indonesia yang dihasilkan dari penggunaan energi di setiap sektor pengguna pada tahun 2015 mencapai 437,52 juta ton CO₂, dimana sektor pembangkit listrik berkontribusi sebesar 40,14% kemudian diikuti oleh sektor transportasi sebesar 31,53%, industri sebesar 21,3%, rumah tangga 4,8%, lainnya 1,66%, dan komersial 0,57% (Supriadi dkk. 2016). Pada sektor transportasi, moda transportasi darat merupakan penghasil emisi gas rumah kaca terbesar. Pada tahun 2010 tercatat bahwa moda ini menghasilkan emisi sebesar 91% dari total emisi di sektor transportasi. (Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral 2012).

Kendaraan bermotor roda dua merupakan salah satu kontributor utama gas CO₂ dari moda transportasi darat, karena jenis ini menjadi bagian terbesar dari kendaraan bermotor di Indonesia. Tercatat 105.150.082 unit ditahun 2016 yang berarti sebesar 81,33 % dari total kendaraan bermotor di tahun tersebut (Badan Pusat Statistik 2017)

Berbagai cara telah dilakukan untuk mengurangi emisi gas CO₂ ke lingkungan seperti : penggunaan sumber energi alternatif yang *zero emission* dan sistem penanganan emisi gas CO₂ pada sumber emisi (Mt & Yusup 2011). Penggunaan energi alternatif *zero emission* masih sulit diaplikasikan karena metode ini termasuk teknologi berbiaya tinggi dan sumber energinya belum tersedia secara luas, karena itu teknik pengontrolan emisi gas CO₂ pada sumber emisi bisa menjadi pilihan yang lebih mudah untuk dilakukan.

Metode penanganan emisi gas CO₂ pada sumber emisi beragam macamnya, antara lain metode

pemisahan dengan membran, metode absorpsi dan metode adsorpsi. Dari ketiga macam metode ini, adsorpsi merupakan metode yang paling mudah diaplikasikan karena biayanya relatif murah, prosesnya lebih sederhana dan ramah lingkungan. (Patel 2012)(Yu, Huang & Tang. 2012)

Salah satu metode yang perlu dikaji dan dikembangkan adalah metode adsorpsi CO₂ dengan adsorben dari kapur tohor, zeolit dan arang aktif. Hal ini dilakukan karena melihat jumlah sumber daya dari ketiga bahan ini di Indonesia sangat besar. Tercatat sumber daya batu kapur sebesar 639,8 milyar ton dan zeolit sebesar 432,3 juta ton (Pusat Sumber Daya Geologi 2014), sedangkan arang aktif mempunyai sumber daya yang jauh lebih besar lagi karena ia dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik dari tumbuhan (Siregar dkk. 2015), hewan (Asmi dkk. 2015) maupun dari batu bara (Yuliusman 2015) yang tersedia dalam jumlah yang melimpah di Indonesia.

Selain itu berbagai penelitian menunjukkan bahwa adsorben berbahan baku kapur tohor, zeolit dan arang aktif mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik terhadap gas CO₂. Penggunaan pelet CaO yang dikombinasi dengan serbuk gergaji mampu menyerap CO₂ yang terkandung dalam produk biogas sebesar rata-rata 67,5% - 68,13% (Khaedar 2012). Zeolit alam dengan ukuran 12 mesh mampu menghilangkan CO₂ sebesar 87,04% dan H₂S sebesar 65% dari produk biogas (PL, Juliastuti, & Hendrianie. 2012). Karbon aktif cangkang sawit dapat menyerap CO₂ sebesar 6,1 % sedangkan karbon aktif komersial dapat menyerap CO₂ sebesar 12,97% dari produk biogas (Widyastuti, Sitorus, & Jayuska. 2013)

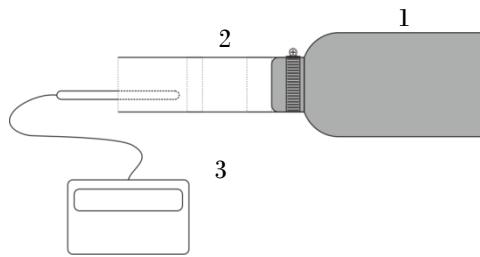
Karena berbagai hal inilah maka penelitian ini difokuskan pada penanganan CO₂ yang terdapat dalam emisi gas buang kendaraan bermotor roda dua, menggunakan metode adsorpsi dengan 3 macam adsorben, yaitu kapur tohor, zeolit dan arang aktif.

METODE PENELITIAN

1. Alat

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat knalpot uji yang juga menjadi tempat adsorben yang dipasang pada knalpot kendaraan bermotor roda dua,

sedangkan uji emisinya menggunakan *flux 4005 infrared multigas analyser*.



Gambar 1. Rangkaian alat uji emisi

Keterangan :

1. Knalpot motor
2. Knalpot Uji
3. *flux 4005 infrared multigas analyser*

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan yaitu :kapur tohor, arang aktif, dan zeolit

3. Prosedur percobaan

Adsorben dimasukkan ke dalam knalpot uji yang dihubungkan dengan knalpot kendaraan bermotor roda dua yang kemudian dinyalakan dengan kondisi *idle* (motor menyala tanpa diberi beban). Setelah itu emisi diukur menggunakan *flux 4005 infrared multigas analyser* pada menit ke 1, 5, 10, 15, dan 20. Pengujian emisi dilakukan sebelum dan setelah pemasangan adsorben untuk semua jenis adsorben dengan berat 50, 100, dan 150 gram.

Selain itu dilakukan juga uji emisi pada penggunaan adsorben campuran seberat 150 gram dengan komposisi campuran ssebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi campuran adsorben

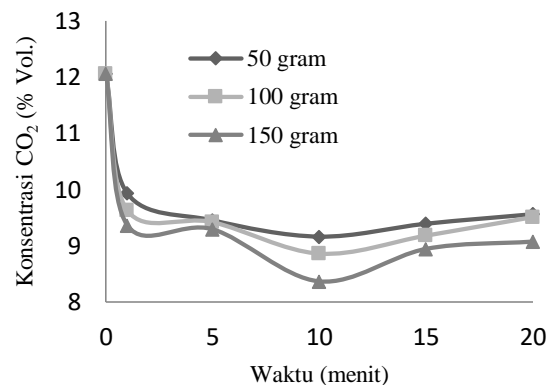
No	Perbandingan komposisi campuran		
	Kapur tohor	Zeolit	Arang aktif
1.	1	2	3
2.	1	3	2
3.	2	1	3
4.	2	3	1
5.	3	1	2
6.	3	2	1
7.	1	1	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Adsorpsi CO₂ berdasarkan variasi jenis, berat dan waktu serapan

Hasil pengukuran gas CO₂ dalam emisi gas buang kendaraan bermotor roda dua sebelum penggunaan adsorben sebesar 12,06 % volume. Sedangkan data pengukuran setelah penggunaan adsorben diuraikan dalam gambar berikut menurut jenis adsorbennya :

1) Kapur tohor



Gambar 2. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ setelah penggunaan kapur tohor dalam variasi berat dan waktu.

Gambar di atas memperlihatkan bahwa semakin berat kapur tohor yang digunakan maka semakin besar kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi gas CO₂, hal ini terlihat dari semakin kecilnya konsentrasi gas CO₂ yang terukur oleh alat analisa gas dengan bertambahnya berat adsorben yang digunakan. Kapur tohor dengan berat 150 gram memiliki kemampuan adsorpsi yang paling besar dibanding kapur tohor dengan berat 100 gram dan 50 gram. Hal ini disebabkan oleh semakin berat/banyak adsorben yang terlibat dalam proses adsorpsi maka permukaan kontak antara adsorben dengan adsorbat semakin luas sehingga semakin banyak adsorbat yang dapat terikat/teradsorpsi oleh adsorben.

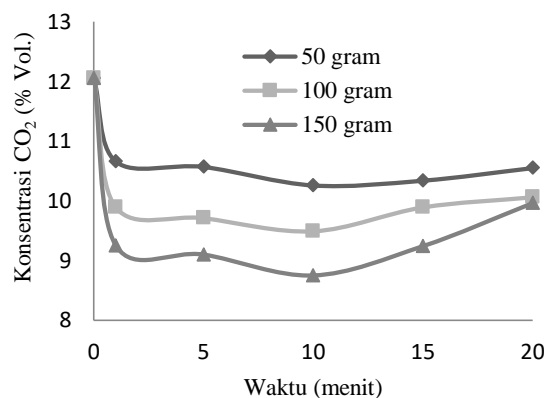
Dari sisi waktu terlihat bahwa selama rentang waktu penelitian ini (20 menit) terjadi peningkatan adsorpsi untuk semua varian berat kapur tohor pada menit-menit awal percobaan, kemudian setelah mencapai titik terendah konsentrasi CO₂ hasil pengukuran, yang berarti titik tertinggi persentase adsorpsi, maka kemampuan adsorpsi dari adsorben

akan mengalami penurunan pada menit-menit berikutnya.

Penurunan kemampuan adsorpsi ini disebabkan daerah yang menjadi sisi aktif pada permukaan adsorben yang berperan dalam proses adsorpsi semakin padat/penuh terisi oleh adsorbat seiring dengan bertambahnya waktu. Proses ini akan terus berlangsung hingga seluruh permukaan adsorben menjadi jenuh.

Adsorpsi terbesar terjadi pada kapur tohor 150 gram dengan nilai konsentrasi CO₂ sebesar 8,36 % volume dari emisi gas buang kendaraan bermotor yang diukur atau terjadi adsorpsi CO₂ sebesar 30,68 %, sedangkan kapur tohor 50 gram mampu mengadsorpsi CO₂ sebesar 24,05 % dan kapur tohor 100 gram mengadsorpsi sebesar 26,53 %. Semua adsorpsi maksimal dari ketiga varian berat kapur tohor dalam penelitian ini terjadi pada menit ke 10.

2) Arang aktif



Gambar 3. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ setelah penggunaan arang aktif dalam variasi berat dan waktu.

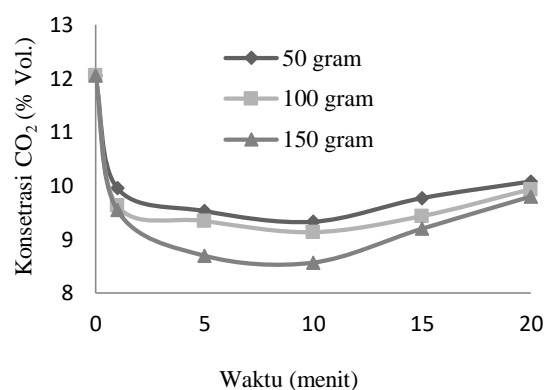
Hasil pengamatan yang tertuang dalam gambar 3 memperlihatkan bahwa pengaruh berat terhadap kemampuan arang aktif dalam mengadsorpsi CO₂ memiliki kesamaan dengan kapur tohor, yaitu semakin berat sampel adsorben maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi gas CO₂. Hal ini ditandai dengan semakin kecilnya konsentrasi CO₂ yang terbaca oleh alat analisis gas dengan bertambahnya berat arang aktif yang digunakan. Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahendra dkk (2017) yang menunjukkan bahwa semakin banyak arang aktif yang digunakan maka

semakin besar kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi CO₂. (Mahendra dkk. 2017)

Hasil pengamatan terhadap pengaruh waktu terhadap daya adsorpsi arang aktif juga memperlihatkan hal yang sama dengan yang terjadi pada kapur tohor, yaitu terjadi peningkatan daya adsorpsi diawal waktu hingga tercapainya daya adsorpsi maksimal, dan setelah itu daya adsorpsi terus mengalami penurunan diakhir waktu percobaan.

Adsorpsi maksimal arang aktif terjadi pada sampel dengan berat 150 gram yaitu sebesar 27,45 %, sedangkan adsorpsi maksimal arang aktif 100 gram hanya 21,31 % dan yang paling kecil adalah adsorpsi maksimal arang aktif 50 gram yaitu 14,93 %. Adsorpsi terbesar untuk semua varian berat arang aktif pada penelitian ini juga terjadi pada menit ke 10.

3) Zeolit



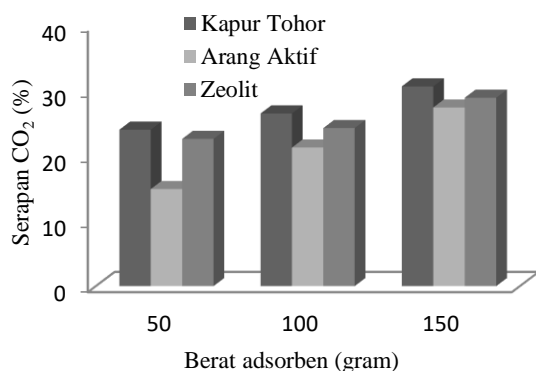
Gambar 4. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ setelah penggunaan zeolit dalam variasi berat dan waktu.

Pengaruh berat terhadap kemampuan zeolit dalam mengadsorpsi CO₂ yang diperlihatkan oleh gambar di atas menunjukkan kecenderungan hasil yang sama dengan percobaan menggunakan kapur tohor dan arang aktif. Terlihat bahwa konsentrasi CO₂ dalam emisi yang terukur oleh alat analisa gas semakin kecil dengan bertambahnya zeolit yang digunakan sebagai adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa daya adsorpsi dari zeolit akan meningkat dengan bertambahnya berat zeolit yang digunakan sebagai adsorben. Hasil ini sejalan dengan penelitian Eny Apriyanti (2012) yang memperlihatkan peningkatan daya adsorpsi zeolit terhadap CO₂ dengan bertambahnya berat zeolit yang digunakan sebagai adsorben. (Apriyanti 2012)

Selain itu, terlihat juga terjadinya penurunan konsentrasi CO₂ hasil pengukuran seiring dengan berjalannya waktu kontak antara emisi yang diukur dengan adsorben yang digunakan hingga tercapai konsentrasi terendah dimenit ke 10, setelah itu konsentrasi CO₂ terus meningkat pada menit-menit berikutnya. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan daya adsorpsi di awal waktu percobaan yang kemudian mengalami penurunan daya adsorpsi di akhir waktu percobaan setelah adsorpsi maksimal terjadi.

Adsorpsi maksimal terjadi pada zeolit 150 gram dengan daya adsorpsi 28,94 %, kemudian diikuti oleh zeolit 100 gram dengan daya adsorpsi 24,30 % dan yang paling rendah daya adsorpsinya adalah zeolit 50 gram yaitu sebesar 22,64 %. Adsorbansi maksimal untuk semua varian berat zeolit juga terjadi pada menit ke 10, sama dengan kedua jenis adsorben sebelumnya.

Dari data hasil pengamatan di atas diperoleh perbandingan daya adsorpsi maksimal tiap jenis adsorben dalam berbagai varian berat adsorben yang disajikan dalam gambar berikut



Gambar 5. Perbandingan daya adsorpsi terbesar dari kapur tohor, arang aktif dan zeolit dalam berbagai varian berat adsorben.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa adsorben yang paling besar daya adsorpsinya untuk setiap varian berat adalah kapur tohor, kemudian zeolit, dan yang paling kecil daya adsorpsinya adalah arang aktif.

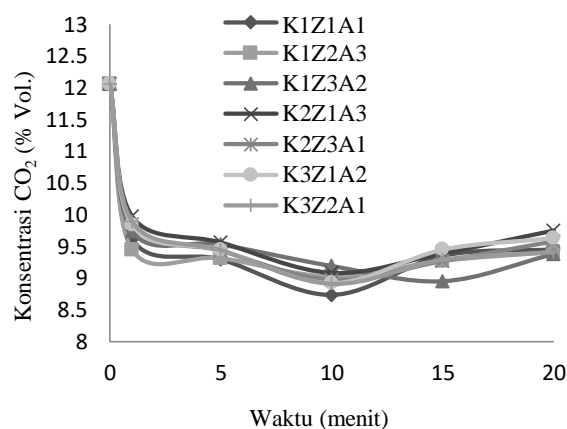
Sedangkan hasil pengamatan yang tertuang dalam gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi terendah CO₂ yang terkandung dalam emisi yang diukur setelah melewati adsorben dari campuran kapur tohor, arang aktif dan zeolit dalam berbagai variasi komposisi berada pada kisaran 8,73 % sampai 9,19 %, atau dengan kata lain daya adsorpsi dari berbagai

komposisi campuran tersebut berada pada kisaran 24,71 % sampai 27,61 %.

Daya adsorpsi terbesar terjadi pada adsorben yang komposisi campurannya terdiri dari 1 bagian kapur tohor, 1 bagian zeolit dan 1 bagian arang aktif (K1Z1A1) dengan daya adsorpsi sebesar 27,61 %. Sedangkan yang terkecil daya adsorpsinya adalah adsorben yang memiliki campuran 2 bagian kapur tohor, 1 bagian zeolit dan 3 bagian arang aktif (K2Z1A3) dengan nilai 24,71 %.

Adsorpsi maksimal dari adsorben campuran terjadi pada menit ke 10, kecuali adsorben yang komposisi campurannya K1Z3A2, adsorpsi maksimumnya terjadi pada menit ke 15.

2. Adsorpsi CO₂ berdasarkan variasi kombinasi adsorben



Gambar 6. Hasil pengukuran konsentrasi CO₂ setelah penggunaan adsorben dalam berbagai variasi komposisi campuran

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Daya adsorpsi dari adsorben kapur tohor, arang aktif dan zeolit bertambah dengan bertambahnya berat adsorben yang digunakan, dimana adsorpsi maksimal dari kapur tohor, arang aktif dan zeolit terjadi pada berat 150 gram dengan nilai adsorpsi 30,68 %, 27,45 % dan 28,94 %.
2. Dalam berat yang sama, kapur tohor mempunyai kemampuan adsorpsi terbesar, kemudian zeolit, dan yang paling kecil daya adsorpsinya adalah arang aktif.
3. Daya adsorpsi maksimal kapur tohor, arang aktif dan zeolit terjadi pada menit ke 10.

4. Daya adsorpsi terbesar dari pencampuran kapur tohor, arang aktif dan zeolit terjadi pada komposisi perbandingan 1 : 1 : 1, yaitu sebesar 27,61 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada civitas Program Magister Teknik Kimia Universitas Muslim Indonesia atas fasilitas laboratorium yang diberikan selama penelitian ini dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriyanti, E., 2012. Adsorpsi CO₂ Menggunakan Zeolit: Aplikasi Pada Pemurnian Biogas. *Dinamika Sains*, vol. 10, No. 22.
- Asmi, U., Hanifah, T.A. dan Anita, S., 2015. *Potensi Arang Aktif dari Tulang Kambing Sebagai Adsorben Ion Tembaga, Timbal, Nitrat, dan Sianida dalam Larutan*. JOM FMIPA, Vol. 2, No. 1 : 152–162.
- Badan Pusat Statistik, 2017. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis, 1949 - 2016. <https://www.bps.go.id/statistictable/2017/11/23/1981/produksi-kendaraan-bermotor-dalam-negeri-unit-2000-2016.html>. Diakses 28 Januari 2018.
- Bkour, Q., Faqir, N., Shawabkeh, R., Ul-hamid, A., Bart, H. 2016. *Synthesis of a Ca / Na-aluminosilicate from kaolin and limestone and its use for adsorption of CO₂*. *Biochemical Pharmacology*, Vol. 4, No.1 : 973–983.
- Earth System Research Laboratory, 2018. Recent Global Monthly Mean CO₂. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>. Diakses 17 Januari 2018.
- Khaedar, R., 2012. *Penggunaan Pelet Kombinasi Kapur Tohor (CaO) dan Serbuk Gergaji untuk Menangkap Karbon Dioksida (CO₂) pada Biogas*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mahendra, S., Qomaruddin, M. dan Mulyahati, M.Y., 2017. *Studi Penyaringan Emisi pada Knalpot Sepeda Motor dengan Briket Arang Batok Kelapa*. *Traksi*, Vol. 17 No. 2 : 1–7.
- Mt, A. dan Yusup, S., 2011. *Enhancement Of Calcium Oxide (CaO) For Carbon Dioxide (CO₂) Capture*. *Canadian Journal of pure & applied sciences*, Vol. 5, No.1 : 1391–1397.
- Patel, P., 2012. A Cheap Trick Enables Energy-Efficient Carbon Capture. , <https://www.technologyreview.com/s/508051/a-cheap-trick-nables-energy-efficient-carbon-capture/>. Diakses Januari 2018.
- PL, A.F.,M, W., Juliastuti, S.R., dan Hendrianie, N. 2012. *Penurunan Kadar CO₂ dan H₂S Pada Biogas dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Zeolit Alam*. *Jurnal Teknik Pomits*, Vol. 1, No. 1: 1–5.
- Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, 2012. *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi*, Jakarta.
- Pusat Sumber Daya Geologi, 2014. *Executive Summary Pemutakhiran Dan Neraca Sumber Daya Mineral Status 2014*, Jakarta.
- Samiaji, T., 2011. *Gas CO₂ di Wilayah Indonesia*. *Berita Dirgantara*, Vol. 12, No. 2 : 68–75.
- Siregar, Y.D.I., Heryanto, R., Riyadhhi, A., Lestari, T.H., dan Nurlela ., 2015. *Karakterisasi Karbon Aktif Asal Tumbuhan dan Tulang Hewan Menggunakan FTIR dan Analisa Kemometrika*. *Jurnal Kimia Valensi*, Vol. I, No. 2 : 103–106.
- Supriadi, A., Oktaviani, K., Kencono, A.W., Prasetyo, B.E., Kurniasih, T.N., dan Sunaryo, F.K., 2016. *Data Inventory Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Sektor Energiedisi 1.*, Jakarta: Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM.
- Widyastuti, A., Sitorus, B. dan Jayuska, A., 2013. *Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Adsorben Gas Dalam Biogas Hasil Fermentasi Anaerobik Sampah Organik*. *Jurnal Kimia Katulistiwa (JKK)*, Vol. 2, No. 1: 30–33.
- Yu, C.-H., Huang, C.-H. dan Tang, C.-S., 2012. *A Review of CO₂ Capture by Absorption and Adsorption*. *Aerosol and Air Quality Research*, Vol. 12 : 745–769.
- Yuliusman, 2015. *Pembuatan Karbon Aktif dari Batu Bara Termodifikasi TiO₂ untuk Penyerap Karbon Monoksida*. Dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, pp. 1–7.