

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, beberapa kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Model isoterma yang cocok dengan penelitian adsorpsi Fe^{2+} dengan karbon aktif adalah model Langmuir.
2. Kapasitas adsorpsi pada saat *equilibrium* (X_T) adalah sebesar 6,6788 mg logam Fe^{2+} / gram karbon aktif.
3. Kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan tinggi unggun yang digunakan.
4. Kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi logam Fe^{2+} .
5. Model kurva *breakthrough* yang cocok dengan penelitian adsorpsi Fe^{2+} dengan karbon aktif adalah Model Adams-Bohart
6. Nilai *Length of Unused Bed* (LUB) yang diperoleh pada saat konsentrasi Fe^{2+} 2 ppm dengan tinggi unggun 6 cm pada laju alir 51,6 ml/menit adalah 0,8571 cm.
7. Spesifikasi kolom *scale-up* yang dihasilkan berbeda-beda tergantung dari *service time*, semakin lama *service time* yang digunakan maka kolom yang digunakan semakin tinggi.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian menggunakan air tanah yang memiliki konsentrasi ion Fe^{2+} lebih tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan beberapa jenis adsorben komersial lainnya, seperti pasir silika, zeolit, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, H. 2012. *Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi Untuk Penurunan Kadar Logam Berat*. Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Kimia. Depok: Universitas Indonesia.
- Afriany, Ria. 2017. *Proses Adsorpsi Logam Berat Mn dan Fe Menggunakan Campuran Karbon Aktif dari Batang Pisang dan Tempurung Kelapa Dengan Aktivator ZnCl₂*. Tugas Akhir. Palembang; Politeknik Negeri Sriwidjaja.
- Agustiani, I. S., Ashar, T., dan Nurmaini. 2014. *Efektivitas Karbon Aktif Sekam Padi dalam Menurunkan Mangan (Mn) Air Sumur Gali di Desa Amplas Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang*. *Jurnal Lingkungan dan Keselamatan Kerja*, Volume 3, No.2.
- Ahmad, A. A., & Hameed, B. H. 2010. *Fixed-bed Adsorption of Reactive Azo Dye onto Granular Activated Carbon Prepared From Waste*. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1-3), 298–303.
- Aini, S. dan Supratikno. 2018. *Penerapan Lima Model Keseimbangan Adsorpsi Isotermal pada Adsorpsi Ion Logam Chrom VI oleh Zeolit*. *Eksergi*, 15(2), 48-53.
- Ali, I. dan Gupta, V. K., 2007. *Advances in Water Treatment by Adsorption Technology*. Nature Publishing Group. Vol. 1, No. 6.
- Alimano, M. dan Syafila, M. 2014. *Reduksi Ukuran Adsorben untuk Memperbesar Diameter Pori dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah*. *Jurnal Teknik Lingkungan*, Volume 20, Nomor 2. 173-182.
- APHA. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Edisi ke-23.
- Apriani, R. S. dan Wesen P. 2011. *Penurunan Salinitas Air Payau dengan Menggunakan Resin Penukar Ion*. *Envrotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(1), 64-77. ISSN 2085-501-X.
- Arum, Sekar. 2015. *Efektivitas Arang Aktif, Zeolit, dan Bentonit Terhadap Penurunan Kadar Mg²⁺ dan Mn²⁺ dalam Tiga Sumber Air*. Tugas Akhir. Teknologi Pangan. Bandung: Universitas Pasundan

- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika Jilid 2*, Edisi ke 4, Terjemahan Kartohadiprojo, Jakarta: Erlangga.
- Ayawei, N., Ebelegi, N. A., dan Wankasi, D. 2017. *Modelling and Interpretation of Adsorption Isotherms*. Hindawi. Journal of Chemistry.
- Ayres, David M., dkk. 1994. *Removing Heavy Metals from Wastewater*. Engineering Research Center Report. University of Maryland.
- Aziz, I., dkk. 2018. *Purification of Crude Glycerol from Acidification Using Tea Waste*. IOP Publishing. Series: Earth and Environmental Science 175.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2019. *Kota Bandung dalam Angka 2019*. BPS Kota Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 1996. *Metode Pengujian Besi Terlarut dalam Air dengan Alat Spektrofotometer Menggunakan Fenantrolin*. Jakarta: SNI 06-4138-1996.
- Bahl, A., Bahl, B. S., Tuli, G. D. 2000. *Essentials of Physical Chemistry*. S. Chand and Company Limited
- Bansal, R. C. dan Goyal M. 2005. *Activated Carbon Adsorption*. Boca Raton: CRC Press.
- Bismo, S., Azhariyah, A., dan Pradyasti, A. 2017. *Potensi Karbon Aktif sebagai Penyangga Katalis Dekomposisi Ozon*. Seminar Nasional Integrasi Proses. Depok: Universitas Indonesia.
- Bonenfant, D., Kharoune, M., Niquette, P., Mimemault, M., Hausler, R. 2008. *Advances in Principal Factors Influencing Carbon Dioxide Adsorption on Zeolites*. Science and Technology of Advanced Materials. 9.
- BrbootI, M. M., dkk. 2011. *Removal of Heavy Metals Using Chemicals Precipitation*. Eng. & Tech. Journal, Vol. 29, No. 3.
- Busyairi, M., Firlina, Sarwono, E., Saryadi. 2019. *Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon Aktif untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) dan Kondisi pH pada Air Asam Tambang*. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan, Volume 11, Nomor 2, 87-101.

- Chen, S., dkk. 2012. *Adsorption of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Modified Corn Stalk: A Fixed-Bed Column Study*. *Bioresource Technology* 113, 114-120.
- Correa-Murrieta, Ma. dkk. 2018. *Study of A Fixed-Bed Column in The Adsorption of An Azo Dye from An Aqueous Medium Using A Chitosan-Glutaraldehyde Biosorbent*. *Adsorption Science & Technology*. Volume 36(1-2). 215-232.
- Darsono. 2016. *Identifikasi Akuifer Dangkal dan Akuifer Dalam dengan Metode Geolistrik (Kasus: Di Kecamatan Masaran)*. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 40-49.
- Durnomo, E. 1992. *Deklorinasi Klorine Bebas Menggunakan Karbon Aktif*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air: Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius: Yogyakarta.
- Farajpourlar, M., Rao, S. R. M., dan Rao, V. V. B. 2013. *Studies on Fixed and Fluidized Bed Ion Exchange Column to Treat Wastewater*. *IOSR Journal Of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, Volume 6, Issue 1, 1-6.
- Febrina, L. dan Ayuna, A. 2014. *Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik*. *Jurnal Teknologi*, Vol. 7, No. 1. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Ferry, V. 2016. *Aplikasi Teknologi Membran untuk Pengolahan Air Terproduksi*. *Jurnal Teknik Kimia*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Fetter, C. W. 2001. *Applied Hydrogeology*. Edisi ke-4. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Geankoplis. 2003. *Transport Processes and Unit Operations*. Edisi ke-3. Prentice-Hall International, Inc.
- Gultom, E. M. dan Lubis, M. T. 2014. *Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H_3PO_4 untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 3, No. 1.

- Han, R., Zou, L., Zhao, X., Xu, Y., Xu, F., Li, Y., dan Wang, Y. 2009. *Characterization and Properties of Iron Oxide-Coated Zeolite as Adsorbent for Removal of Copper(II) from Solution in Fixed Bed Column*. Chemical Engineering Journal 149, 123-131.
- Handoko, C. T., dkk. 2013. *Penggunaan Metode Presipitasi untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede*. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 18, Nomor 2.
- Harahap, A. M. 2018. *Kemampuan Adsorpsi Batang Jagung (Zea mays L.) Terhadap Logam Berat Ion Tembaga (Cu²⁺) pada Kolom Adsorpsi secara Kontinu (Down Flow)*. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Hossain, M. A., dkk. 2012. *Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent*. Int. J. of GEOMATE, Vol. 2, No. 2 (SI. No. 4), 227-234.
- Hutapea, K. E. 2018. *Penyisihan Kadar Logam Fe dan Mn dari Air Sumur dengan Menggunakan Kulit Singkong sebagai Adsorben*. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Irawan C., Purwanti, A., Norhasanah. 2019. *Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit*. Jurnal Teknologi Rekayasa, Volume 4, No. 2, 267-276.
- Irda S., dkk. 2018. *Water Sources Quality in Urban Slum Settlement along the Contaminated River Basin in Indonesia: Application of Quantitative Microbial Risk Assessment*. J Environ Public Health.
- Jayanti, R. D., dan Widiyasa, I. N. 2016. *Fouling dan Cleaning Membran Reverse Osmosis Tekanan Rendah untuk Aplikasi Daur Ulang Air Limbah Domestik*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia.
- Jeffery, G. H., Bassett, J., Mendham, J., dan Denney, R. C. 1985. *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. Edisi ke-5. Longman Scientific & Technical.
- Kan, C.-C., Aganon, M. C., Futralan, C. M., & Dalida, M. L. P. 2013. *Adsorption of Mn²⁺ from aqueous solution using Fe and Mn oxide-coated sand*. Journal of Environmental Sciences, 25(7), 1483–1491. doi:10.1016/s1001-0742(12)60188-0

- Kato, K., Matsuura, K., Sawamura, Y., Mori, H., dan Hanzawa, T. 1979. *The Thermal Regeneration of Spent Activated Carbon*. Journal of Chemical Engineering of Japan.
- Krishna, R. H., dan Swamy, A. V. V. S. 2012. *Physico-Chemical Key Parameters, Langmuir and Freundlich isotherm and Lagergren Rate Constant Studies on the removal of divalent nickel from the aqueous solutions onto powder of calcined brick*. International Journal of Engineering Research and Development, Volume 4, Issue I, PP. 29-38.
- Kriswiyanti, E. dan Danarto, Y. C. 2007. *Model Kesetimbangan Adsorpsi Cr Dengan Rumput Laut*. Ekuilibrium, Volume 6, No. 2. 47-52.
- Kurnia, U., dkk. 2004. *Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya*. Puslitbangtanah. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Linda, Mei. 2010. *Pengaruh Kedalaman dan Waktu Inkubasi Medium Kompos Berbasis Kotoran Kambing dalam Biofiltrasi Gas N₂O*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Departemen Teknik Kimia, Depok.
- Maesara dan Kunaefi. 2011. Penyisihan Besi dan Zat Organik Menggunakan Karbon Aktif dari Kulit Durian Sebagai Media Filtrasi. Jurnal Teknik Lingkungan Volume 17 Nomor 2, Oktober 2011 (Hal. 167-177).
- Marsidi, Ruliasih. 2001. *Zeolit untuk Mengurangi Kesadahan Air*. Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 2. No. 1, 1-10.
- McCabe, W., Smith, J., dan Harriot, P. 1993. *Unit Operations of Chemical Engineering*. Singapore: McGraw-Hill.
- Meng, M., Feng, Y., Zhang, M., Liu, Y., Ji, Y., Wang, J., ... Yan, Y. 2013. *Highly efficient adsorption of salicylic acid from aqueous solution by wollastonite-based imprinted adsorbent: A fixed-bed column study*. Chemical Engineering Journal, 225, 331–339.
- Metcalf & Eddy, Inc. 2004. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. Edisi ke-4. McGraw-Hill Book Company. New Delhi.
- Mihelcic. 1999. *Fundamentals of Environmental Engineering*. John Wiley & Sons, Inc.
- Mulder, Marcel. 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Edisi ke-2. Kluwer Academic Publishers.

- Murti, G. S. R. K., Moharir, A. V., dan Sarma, V. A. K. 1970. *Spectrophotometric Determination of Iron with Orthophenanthroline*. Microchemical Journal. Volume 15: 585-589.
- Namasivayam, C, dan Kumutha. 1998. *Removal of Direct Red and Acid Brilliant Blue by Adsorption on to Banana Pith*. Bioresource Technology Volume 64, Issue 1: 77-79.
- Narany, dkk. 2014. *Identification of the Hydrogeochemical Processes in Groundwater Using Classic Integrated Geochemical Methods and Geostatistical Techniques, in Amol-Babol Plain, Iran*. The Scientific World Journal.
- Ningsih, D. A., dkk. 2016. *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung*. Jurnal Akademika Kimia, 5(2), 55-60.
- Nouri, H., & Ouederni, A. 2013. *Modeling of the Dynamics Adsorption of Phenol from an Aqueous Solution on Activated Carbon Produced from Olive Stones*. International Journal of Chemical Engineering and Applications, 4(4), 254–261. <https://doi.org/10.7763/ijcea.2013.v4.306>
- Nurfitriyani, A., dkk. 2013. *Penentuan Efisiensi Penyisihan Kromium Heksavalen (Cr^{6+}) dengan Adsorpsi Menggunakan Tempurung Kelapa Secara Kontinu*. Jurnal Online Institut Teknologi Nasional. No. 2. Vol. 1.
- Nurhasni, Firdiyono F., Sya'ban Q. 2012. *Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon Aktif. Valensi*. Volume 2, No. 4, 516-525.
- Pangastuti, D. D. 2017. *Perbandingan Kondisi Optimum Pereduksi Natrium Tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan Hidroksilamin Hidroklorida ($NH_2OH.HCl$) pada Analisa Kadar Total Besi secara Spektrofotometri UV-Vis*. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Prabarini, N. dan Okaydnya, DG. 2014. *Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri*. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, Volume 5, No. 2.
- Pratama, A., dkk. 2014. *Mengenal Interaksi Air Sungai dan Air Tanah, serta Analisis Hubungan Sifat Kimia dan Fisik Air Melalui Metoda Grafik (Analisis Nilai R^2) Dalam Penyelesaian Masalah Kekurangan Air Bersih Warga Sukalaya, Tasikmalaya*. Prosiding

- Seminar Nasional Kebumihan ke-7, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Putranto, A. dan Angelina, S. 2014. *Pemodelan Perpindahan Massa Adsorpsi Zat Warna Pada Florisil Dan Silica Gel Dengan Homogeneous And Heterogeneous Surface Diffusion Model*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Rahayu, A. N., dan Adhitiyawarman. 2014. *Pemanfaatan Tongkol Jagung sebagai Adsorben Besi pada Air Tanah*. JKK, Volume 3(3): 7-13.
- Reynolds, Tom D. dan Richards, Paul A. 1982. *Unit Operations and Processes In Enviromental Engineering*. Edisi ke-2. International Thomson Publishing Inc.
- Said, N. I. 2005. *Metode Penghilangan Zat Besi dan Mangan di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik*. Jurnal Air Indonesia, Vol. 1, No. 3.
- Said, N. I. 2008. *Teknologi Pengolahan Air Minum "Teori dan Pengalaman Praktis"*. Pusat Teknologi Lingkungan.
- Sari, M. F., dkk. 2017. *Penggunaan Karbon Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben Zat Warna Procion Merah Limbah Cair Industri Songket*. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Vol. 7, No.1. 37-40.
- Sawyer, dkk., 1967. *Chemistry for Sanitary Engineering*. Tokyo: Mc Graw-Hill Book Company, Kogakusha Company Ltd.
- Seader, J. D. & Henley, E. J. 1998. *Separation Process Principles*. Edisi ke-2. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Serimbing, M. T. dan Sinaga, T. S. 2003. *Arang Aktif (Pengenalannya dan Proses Pembuatannya)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Setiawan, D. 2018. *Pengolahan Larutan Tembaga (II) dengan Menggunakan Proses Adsorpsi Kontinu pada Unggun Tetap dengan Karbon Aktif*. Tugas Akhir. UNPAR: Bandung.
- Sidabutar, Y. 2019. *Studi Adsorpsi Fe dan Mn Pada Air Sumur Menggunakan Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Adsorben*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara.

- Smith, J. M. 1970. *Chemical Engineering Kinetics*. Edisi ke-2. New York: McGraw-Hill.
- Srivastava, S. dan Goyal, P. 2010. *Novel Biomaterials Decontamination of Toxic Metals from Wastewater*. New York: Springer.
- Suartika, I. dan Cangtika T. 2012. *Modifikasi Zeolit dengan Menambahkan Karbon Aktif dari Alang-Alang (*Imperata silindrika*) sebagai Adsorben Gas CO dari Kendaraan Bermotor*. Tugas Akhir. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Sumawijaya, N., & Suherman, D. 2009. *Penerapan Pengolahan di Tempat (In-Groundtreatment) Airtanah Tercemar Logam Besi dan Mangan Di Kota Cimahi, Jawa Barat*. Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi – LIPI 2009, 228-235.
- Suzuki, M. 1990. *Adsorption Engineering*. Tokyo: Kodansha LTD dan Elsevier Science Publishers.
- Syauqiah, I., Amalia, M., Kartini, H. A. 2011. *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif*. INFO TEKNIK, Volume 12, No. 1.
- Sylvia, N., Meriatna, Hakim, L., Fitriani, Fahmi, A. 2017. *Kinerja Kolom Adsorpsi pada Penjerapan Timbal (Pb^{2+}) dalam Limbah Artifisial Menggunakan Cangkang Kernel Sawit*. Jurnal Integrasi Proses, Volume 6, No. 4, 185-190.
- Sylvia, N., Meriatna, Hasfita, F., dan Hakim L. 2017. *Optimasi Adsorpsi Ion Mg^{2+} pada Fixed Bed Column dengan Menggunakan Response Surface Methodology*. Reaktor, Vol. 17, No. 3, 126-131.
- Tchobanoglous, G. dan Kreith, F. 2002. *Handbook of Solid Waste Management*. Edisi ke-2. The McGraw-Hill Co.
- Thomas, W. J. dan Crittenden, B. 1998. *Adsorption Technology and Design*. Elsevier Science and Technology Books.
- Todd, D. K. 2005. *Groundwater Hydrology*. Edisi ke-3. John Wiley & Sons, Inc.
- Towler, G. dan Sinnott, R. 2012. *Chemical Engineering Design: Principles, Practive and Economics of Plant and Process Design*. 2nd Edition. Butterworth- Heinemann, Elsevier, Massachusetts.

- Treybal. 1981. *Mass Transfer Operations*. Singapore: McGraw-Hill Book Company.
- Umar, M. A., dkk. 2011. *Peran Masyarakat dan Pemerintah Dalam Pengelolaan Air Limbah Domestik di Wilayah Ternate Tengah*. Majalah Geografi Indonesia, Volume 25, Nomor 1, 42-54.
- Wang, S. dan Sugiarto, R. D. 2015. *Studi Gangguan Cu^{2+} pada Analisa Besi (III) dengan Pengompleks 1,10-Fenantrolin pada pH 3,5 secara Spektrofotometri UV-Vis*. Jurnal Sains dan Seni ITS, Vol. 4, No. 2.
- Water, Sanitation, and Cities (WSC). 2007. *Satu Orang Indonesia Konsumsi Air Rata-Rata 144 Liter per Hari*. Artikel Water, Sanitation, and Cities (WSC).
- Wenten, I G. 2004. *Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air dan Limbah Industri (Studi Kasus: Pemanfaatan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Tambak)*. Conference Paper. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Widiyanto, A., dkk. 2015. *Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri dan Limbah Rumah Tangga*. Jurnal Kesehatan Masyarakat. ISSN: 1858-1196.
- Winata, N. A. 2016. *Teknologi Membran untuk Purifikasi Air*. Jurnal Teknik Kimia. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Worch, E. 2012. *Adsorption Technology in Water Treatment: Fundamentals, Processes and Modeling*. Walter de Gruyter GmbH & Co. KG, Berlin/Boston.
- Yahya, M. A., Al-Qodah, Z., & Ngah, C. W. Z. 2015. *Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 46, 218–235.