DAFTAR PUSTAKA

Adamson, A. W., 1990, *Physical Chemistry of Surfuce*, John Wiley & Sons, lnc., New York.

Ana, D., Arif, D., dan Jelfano, N., 2016, Pemanfaatan Limbah Hasil Panen Jagung untuk Pembuatan Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan, *Senati*, **2**(3): 7-14.

Anah, L., dan Astrini, N., 2018, Isotherm Adsorption Studies of Ni(II) Ion Removal from Aqueous Solutions by Modified Carboxymethyl Cellulose Hydrogel, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **160**: 1-8.

Angela, M., Andreas, A., dan Putranto, A., 2015, Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Salak dengan Aktivitas H_3PO_4 sebagai Adsorben Larutan Zat Warna Metilen Biru, *Pengembangan Teknologi Kimia Pengolahan SDA*, **1**: 1-7.

Asip, F., Mardhiah, R., dan Husna, 2008, Uji Efektifitas Cangkang Telur dalam Mengadsorpsi Ion Fe dengan Proses *Batch*, *Jurnal Teknik Kimia*, **15**(2): 22-26.

Asmoro, N.W., Afriyanti, dan Ismawati, 2018, Ekstraksi Selulosa Batang Tanaman Jagung (*Zea mays*) Metode Basa, *Jurnal Ilmiah Teknosains*, **4**(1): 24-28.

Atkins, P.W., 1997, *Kimia Fisika Edisi keempat Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.

Bachruddin, Z., 2014, *Teknologi Fermentasi pada Industri Peternakan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Badan Pusat Statistik, 2016, *Produksi Jagung Menurut Provinsi (ha) 1993-2015*, Jakarta.

Badan Standar Nasional, 1989, SNI 14-0444-1989 tentang Analisis Kadar Selulosa dan Pentosan

Bahtiar, E.T., Nugroho, N., Surjokusumo, S., Karlinasari, L., Nawawi, D.S., dan Lestari, D.P., 2016, Pengaruh Komponen Kimia dan Ikatan Pembuluh terhadap Kekuatan Tarik Bambu, *Jurnal teknik Sipil*, **23**(1): 31-40.

Barrios, E., Fox, D., Sip, Y.Y.L., Catarata, R., Calderon, J.E., Azim, N., Afrin, S., Zhang, Z., and Zhai, L., 2019, Nanomaterials in Advanced, High-Performance Aerogel Composites: A Review, *Polymers Journal*, **726**(11): 1-41.

Botahala, L., 2019, *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*, Deepbulish, Yogyakarta.

Budtova, T., 2019, Cellulose II aerogels: a Review, *Cellulose Journal*, **26**(32): 1-41.

Cahyani, M.D., Azizah, R.T.N., dan Yulianto, B., 2012, Studi Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) pada Air, Sedimen, dan Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Sungai Sayung dan Sungai Gonjol, Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, *Journal of Marine Research*, **1**(2): 73-79.

Chen, M., Zhang, X., Zhang, A., Liu, C., dan Sun, R., 2016, Direct Preparation of Green and Renewable Aerogel Materials from Crude Bagasse, *Cellulose Journal*, **23**: 1325-1334.

Chen, X., Zhou, S., Zhang, L., You, T., dan Xu, F., 2016, Adsorption of Heavy Metals by Graphene Oxide/Cellulose Hydrogel Prepared from NaOH/Urea Aqueous Solution, *Materials Journal*, **582**(9): 1-15.

Deng, H., Li, G., Yang, H., Tang, J., and Tang, J., 2010, Preparation of Activated Carbons from Cotton Stalk by Microwave Assisted KOH and K_2CO_3 Activation, *Chemical Engineering Journal*, **163**, 373-381

Emilia, 2018, *Modifikasi Proses Penyiapan Nanokristalin Selulosa dari Limbah Daun Nanas,* Skripsi tidak diterbitkan, Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Gustinenda, B.Y., dan Margo, K.C., 2017, *Sintesa Superabsorben Aerogel Selulosa Berbasis Sabut Kelapa*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Handayanto, E., Nuraini, Y., Muddarisna, N., Syam, N., dan Fiqri, A., 2017, *Fitoremediasi dan Phytomining Logam Berat Pencemar Tanah*, UB Press, Malang.

Heinze, T., 2015, Cellulose: Structure and Properties, *Advances in Polymer Science*, **271**(12): 1-52.

Ikhsan, J., Widjajanti, E., dan Sunarto, 2013, Pengaruh Tawas Hasil Sintesis dari Limbah Kaleng Minuman terhadap Kinetika Adsorpsi Methyl Orange Oleh Kapas Dan Serat Kain, *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2013*.

Ji, Y., Wen, Y., Wang, Z., Zhang, S., and Guo, M., 2020, Eco-friendly Fabrication of a Cost-effective Cellulose Nanofiber-based Aerogel for Multifunctional Applications in Cu(II) and Organic Pollutants Removal, *Journal of Cleaner Production*, **255**: 1-11.

Karlinasari, L., Rahmawati, M., dan Mardikanto, T.R., 2010, Pengaruh Pengawetan Kayu terhadap Kecepatan Gelombang Ultrasonik dan Sifat Mekanis Lentur serta Tekan Sejajar Serat Kayu *Acacia Mangium Willd*, *Jurnal Teknik Sipil*, **17**(3): 163-170.

Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2019, *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor P.51 Tahun 2019 tentang Baku Mutu Air Laut*, Jakarta.

Langenati, R., Mordiono, R.M., Mustika, D., Wasito, B., dan Ridwan, 2012, Pengaruh Jenis Adsorben dan Konsentrasi Uranium terhadap Pemungutan Uranium dari Larutan Uranil Nitrat, *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, **8**(2): 95-104.

Le Troedec, M., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J. P., dan Agnes, S., 2008, Influence of Various Chemical Treatments on the Composition and Structure of Hemp Fibres, *Compos*, **39**(6): 514-522.

Li, J., Zheng, L., dan Liu, H., 2017, A Novel Carbon Aerogel Prepared For Adsorption of Copper (II) Ion in Water, *Porosus Maxer Journal*, 1-6.

Li, W., Yue, J., dan Liu, S., 2012, Preparation of Nanocrystals Cellulose via Ultrasound and its Reinforcement Capability for Poly (vinyl alcohol) Composites, *Ultrasonic Sonochemistry*, **19**: 479-485.

Long, L.Y., Weng, Y.X., dan Wang, Y.Z., 2018, Cellulose Aerogels: Synthesis, Application and Prospects, *Polymers Journal*, **623**(10): 1-28.

Lynam, M.M., Kliduff, J. E., and Weber, Jr. W. J.,1995, Adsorption of Nitrophenol from Dilute Solution, *J. Clzem. Educ.*, **72**: 80-84.

Margareta, W. dan Tedjorahardjo, V. W., 2017, *Sintesis Aerogel Silika dengan Metode Freeze Drying*, Skripsi tidak diterbitkan, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Martina, D., Hastuti, R. dan Widodo, D. S., 2016, Peran Adsorben Selulosa Tongkol Jagung (*Zea mays*) untuk Penyerapan Ion Logam Timbal (Pb2+), *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, **19**(3): 77-82.

Marsh, H., and Reinoso, R.F., 2006, *Activated Carbon*, Elsevier Science and Technology Books, University of Alicante, Spain.

Minceva, M., Markovska, L. dan Meshko, V., 2007, Removal of Zn^{2+}, Cd^{2+} and Pb^{2+} from Binary Aqueous Solution by Natural Zeolite and Granulated Activated Carbon, *Macedonian Journal of Chemistry and Engineering*, **26**(2): 125-134.

Muchlisyiyah, J., Laeliocattleya, R.A., Putri, W.D.R., 2017, *Kimia Fisik Pangan*, UB Press, Malang.

Mulyadi, I., 2019, Isolasi dan Karakterisasi Selulosa: Review, *Jurnal Saintika Unpam*, **1**(2): 177-182.

Mulyawan, R., Saefumillah, A., dan Foliatini, 2015, Biosorpsi Timbal oleh Biomassa Daun Ketapang, *Molekul*, **10**(1): 45-56.

Munasir, Triwikantoro, Zainuri, M., dan Darminto, 2012, Uji XRD dan XRF pada Bahan Mineral (Batuan Dan Pasir) Sebagai Sumber Material Cerdas ($CaCO_3$ dan SiO_2), *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, **2**(1): 20-29.

Munawar, 2012, Kinetika Sorpsi Ion Zink (II) pada Partikel Gambut, *Jurnal Sains, Teknologi dan Kesehatan*, **1**(3): 1-7.

Muniroh, Lailatul, Luthfi, dan Khiqmiawati, 2011, *Produk Biotetanol dari Limbah Batang Jagung dengan Menggunakan Proses Hidrolisa Enzim dan Fermentasi*, Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.

Nguyen, S. T., J. Feng, S. K. Ng, J. P. W. Wong, V. B. C. Tan, and H. M. Duong, 2014, "Advanced thermal insulation and absorption properties of recycled cellulose aerogels", Colloids Surfaces A *Physicochem. Eng. Asp.*, **445**: 128–134.

Nura'ini, E., dan Putra, S.S.H., 2017, *Produksi Microcrystalline Cellulose (MCC) dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Sonikasi dan Hidrotermal*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Nurhayati dan Kusumawati, R., 2014, Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar, JPB Perikanan, **9**(2): 97-107.

Oscik, J. 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited. England.

Ozcan, A.S., Erdem, B. and Ozcan, A., 2005, Adsorption of Acid Blue 193 from Aqueous Solution onto BTMA-Bentonite, *Colloid and Surface A Physicochem Eng. Aspects*, **266**(5): 73-81.

Pan, X., Du, X., Zhou, Y., Liu, L., Xu, G., Yan, C., 2018, Ammonia Borance Promoted Synthesis of Graphene Aerogels as High Efficient Dye Adsorbent, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, **18**(10): 7231-7240.

Pearce, E.C., 2009, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*, Gramedia, Jakarta.

Popuri, M., Nandez, V. dan Beckham, M. V., 2007, Biosorption of Hexavalent Chromium Using Tamarind (*Tamarindus indica*) Fruit Shell-a Comparative Study, *E. J. Tech.*, **10**(3): 13-18.

Prakasa, B.A.A, dan Matahari, S., 2015, *Sintesa Superabsorben Aerogel Selulosa dari Kertas Bekas*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.

Purnawan, C., Martini, T., dan Rini, I.P., 2018, Sintesis dan Karakterisasi Silika Abu Ampas Tebu Termodifikasi Arginin sebagai Adsorben Ion Logam Cu(II), *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, **14**(2): 333-348.

Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (Pusdatin), 2018, *Produksi Jagung diprediksi Surplus Hingga 2021*, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.

Rahmidar, L., Nurilah, I., dan Sudiarty, T., 2018, Karakterisasi Metil Selulosa Yang Disintesis Dari Kulit Jagung (Zea mays), *Journal of Science Education*, **2**(1): 117-122.

Raya, I., 1998, *Studi Kinetika Adsorpsi Ion Logam Aluminium (III) dan Kromium (III) Pada Adsorben Chaecoteros calcitrans yang Termobilisasi pada Silika Gel*, Tesis Tidak Dipublikasikan, Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rianita, Y., Chomsin, S., Widodo, dan Masruroh, 2014, Studi Identifikasi Komposisi Obat Dan Limbah Balur *Benzoquinon* (BQ) Hasil Terapi Pembaluran Dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Jurnal Thesis Universitas Brawijaya*, **1**(1): 1-4.

Rochani, S., 2007, *Bercocok Tanam Jagung*, Azka Press, Jakarta.

Rohmah, M., dan Rahmadi, A., 2017, Ekstraksi Komponen Antioksidan Karotenoid dengan CO_2 Superkritis, *Foodreview Indonesia*, **12**(5): 54-57.

Romadhoni, A.F., 2019, *Isotermis Adsorpsi dan Termodinamika Adsorpsi Malasit Hijau pada Batang Jagung (Zea mays L.) Termodifikasi Asam Nitrat*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.

Sari, P.D., Puri, W.A., dan Hanum, D., 2019, *Delignifikasi Bahan Lignoselulosa: Pemanfaatan Limbah Pertanian*, Qiara Media, Jakarta.

Septevani, A. A., Burhani, D. dan Sudiyarmanto, 2018, Pengaruh Proses Pemutihan Multi Tahap Serat Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Jurnal Kimia dan Kemasan*, **40**(2): 71-78.

Shamskar, R.K., Heidari, H., and Rashidi, A., 2019, Study on Nanocellulose Properties Processed Using Different Methods and Their Aerogels, *Journal of Polymers and the Environment*, **27**: 1418-1428.

Siagian, H.S., Gultom, R.P.J., dan Anggraeni, R., 2019, *Modifikasi Alang-Alang Sebagai Filler Adsorben Logam Berat*, Deepublish, Sleman.

Silverstein, R. M., F. X. Webster, dan D. J. Kiemle. 2005. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 7th Edition. State University of New York. John Wiley & Sons, Inc.

Silviana, S., Purbasari, A., Siregar, A., Rochyati, A.F., dan Papra, 2020, Synthesis of Mesoporous Silica Derived from Geothermal Waste with Cetyl Trimethyl Ammonium Bromide (CTAB) Sufractant as Drug Delivery Carrier, *International Conference On Science and Applied Science (ICSAS2020)*, **2296**: 1-6.

Sudarmi, 2010, *Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Tongkol Jagung (Zea Mays L.) Terhadap Zat Warna Rhodamin B*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar.

Sukandarrumidi., 2018, *Geologi Medis: Pengantar Pemanfaatan Sumber Daya Geologi dalam Usaha Menuju Hidup Sehat*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Suryanto, H., 2017, Analisis Struktur Serat Selulosa dari Bakteri, *Prosiding SNTT*, **30**(2): 17-22.

Syarief, 2010, *Pengaruh Konsentrasi Adsorbat, Temperatur, dan Tegangan Permukaan pada Proses Adsorpsi Gliserol Oleh Alumina*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sebelas Maret.

Tremaine, P.R., dan Gray, D.G, 1976, Determination of Brunaer-Emmett-Teller Monolayer Capacities by Gas-Solid Chromatography, *Analytical Chemistry Journal*, **48**(2): 380-382.

Umiyasih, U., dan Wina, E., 2008, Pengolahan dan Nilai Nutrisi Limbah Tanaman Jagung Sebagai Pakan Ternak Ruminansia, *Buletin Ilmu Peternakan Indonesia*, **18**(3): 127-136.

Warisno, 1998, *Seri Budidaya: Jagung Hibrida*, Penerbit Kansius, Yogyakarta.

Widayatno, T., Yuliawati, T., dan Susilo, A.A., 2017, Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif, *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, **1**(1): 17-23.

Wijayanti, A., Susatyo, E.B., Kurniawan, C., dan Sukarjo, 2018, Adsorpsi Logam Cr(VI) dan Cu(II) pada Tanah dan Pengaruh Penambahan Pupuk Organik, *Indo. J. Chem. Sci*, **7**(3): 242-248.

Wiradipta, I. D. G. A., 2017, *Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa dari Tongkol Jagung*, Skripsi tidak diterbitkan, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh September, Surabaya.

Yahaya, N. K. E., Muhammad, F. P., Ismail, A., Olugbenga, S. B., dan Mohd, A. A., 2011, *Adsorption Removal of Cu(II) using Activated Carbon Prepared from Rice Husk by $ZnCl_2$ Activation and Subsequent Gasification with CO_2*, Skripsi tidak diterbitkan, School of Chemical Engineering, University Sains Malaysia.

Yu, H., Qin, Z., Liang, B., Liu, N. Zhou, Z., dan Chen, L., 2013, Facile Extraction of Thermally Stable Cellulose Nanocrystals with a High Yield of 93% through Hydrochloric Acid Hydrolysis under Hydrothermal Conditions, *Journal of Materials Chemistry A*, **1**(4): 3938-3944.

Yunus, A., 2019, *Sintesis Aerogel Selulosa dari Sekam Padi dan Aplikasinya dalam Absorpsi Metilen Biru*, Tesis tidak diterbitkan, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Yusuf, B., Alimuddin, Saleh, C., dan Rahayu, D.R., 2014, Pembuatan Selulosa dari Kulit Singkong Termodifikasi 2-merkaptobenzotiazol untuk Pengendalian Pencemaran Logam Kadmium (II), *Jurnal Sains Dasar*, **3**(2): 169-173.

Zhang, S., Li, F., Yu, J., dan Hsieh, Y., 2010, Dissolution Behaviour and Solubility of Cellulose in NaOH Complex Solution, *Elsevier Carbohydrate Polymers*, **81**(10): 668-674.

Zubair, N.A., Loft, E.A.,Nasef, M.M., dan Abdullah, E.C., 2019, Aerogel-Based Materials for Adsorbent Applications in Material Domains, *E3S Web of Conferences Journal*, **90**(1): 1-12.

Zuidar, A.S., Hidayanti, S., dan Pulungan, R.J.A., 2014, Kajian Delignifikasi Pulp Formacell dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dalam Media Asam Asetat, *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, **19**(2): 194-204.

Lampiran 1. Bagan Kerja

1. Pembuatan Larutan Induk $CuCl_2.2H_2O$ 1000 ppm dalam 250 mL

0,6713 g $CuCl_2.2H_2O$

- dimasukkan ke dalam gelas kimia 50 mL lalu dilarutkan dengan akuades.
- dipindahkan ke labu ukur 250 mL.
- ditambahkan akuades hingga batas..
- dihomogenkan.

Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 1000 ppm

2. Pembuatan Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 10 ppm dari 1000 ppm

Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 1000 ppm

- dipipet sebanyak 10 ml.
- dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml.
- ditambahkan akuades hingga tanda batas..
- dihomogenkan.

Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 100 ppm

- dipipet sebanyak 10 ml.
- dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml.
- ditambahkan akuades hingga tanda batas..
- dihomogenkan.

Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 10 ppm

3. **Pembuatan Larutan Standar 0,1; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 ppm**

Larutan $CuCl_2.2H_2O$ 10 ppm

- dipipet masing-masing sebanyak 0,5; 2,5; 5; 10; 15; 25 ml ke dalam labu ukur 50 mL.
- ditambahkan akuades hingga tanda batas.
- dihomogenkan.

Larutan Standar

4. **Preparasi Sampel Serat Batang Jagung**

2 kg Serat Batang Jagung

- dicuci kemudian dipotong ukuran 2 cm dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama 12 jam.
- dikeringkan pada *drying oven* pada suhu 100 °C selama 16 jam.
- dihaluskan dengan blender dan diayak dengan pengayak ukuran 100 mesh.

Serbuk Serat Batang Jagung

5. **Ekstraksi Selulosa (Delignifikasi dan *Bleaching*)**

10 g Serbuk Serat Batang Jagung

- dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL.
- ditambahkan CH_3COOH 0,5% sebanyak 20 mL.
- dipanaskan sambil diaduk pada suhu 70 °C selama 1 jam.
- ditambahkan NaOH 6% sebanyak 150 mL, suhu dinaikkan menjadi 80 °C sambil diaduk selama 1,5 jam kemudian disaring.

Filtrat | Lignoselulosa

Lignoselulosa

- dibilas sampai netral (pH = 7) menggunakan akuades.
- ditambahkan NaOCl 0,4% sebanyak 150 mL.
- dipanaskan pada suhu 40 °C selama 1 jam sambil diaduk.
- disaring.

Filtrat | Selulosa

- dibilas sampai netral (pH = 7) menggunakan akuades.

Selulosa Murni

6. Sintesis Aertogel Selulosa

Selulosa Murni

- dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL.
- ditambahkan SiO_2 40% (ludox) sebanyak 20 mL.
- ditambahkan NaOH : Urea (1 : 5).
- disonikasi selama 60 menit.
- dimasukan ke dalam freeze -5 C selama 24 jam hingga terbentuk gel.
- direndam gel dengan 20 mL etanol 99% selama 24 jam.
- dibilas dengan akuades.
- dimasukkan ke dalam freezer -20 C hingga membeku selama 24 jam.
- dilakukan pengeringan *freeze drying* selama 12 jam.

Aerogel Selulosa

- dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, BET-BJH, FTIR.

Data

7. Proses Adsorpsi Penentuan Waktu Kontak Optimum pada Adsorbat Logam Cu(II)

0,25 g Aerogel Selulosa

- diinteraksikan dengan 10 mL larutan $CuCl_2.2H_2O$ dengan konsentrasi 500 ppm.
- diaduk dengan multistirer dengan variasi waktu 5, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dan 120 menit.
- disaring.

Residu | Filtrat

Filtrat

- diencerkan hingga 100 kali
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer SSA.

Data

8. Proses Adsorpsi Penentuan pH Optimum pada Adsorbat Logam Cu(II)

0,25 g Aerogel Selulosa

- diinteraksikan dengan 10 mL larutan $CuCl_2.2H_2O$ dengan konsentrasi 500 ppm.
- diaduk dengan multistirer pada waktu optimum dengan variasi pH 1, 2, 3, 4 dan 5.
- disaring.

Residu | Filtrat

Filtrat

- diencerkan hingga 100 kali.
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer SSA.

Data

9. Proses Adsorpsi Penentuan Suhu Optimum pada Adsorbat Logam Cu(II)

0,25 g Aerogel Selulosa

- diinteraksikan dengan 10 mL larutan Cu(II) dengan konsentrasi 500 ppm.
- diaduk dengan multistirer dengan variasi waktu dan pH optimum dengan variasi suhu 30; 40; 50; 60; dan 70 °C
- disaring.

Residu

Filtrat

- diencerkan hingga 100 kali.
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer SSA.

Data

10. Proses Adsorpsi Penentuan Konsentrasi Optimum pada Adsorbat Logam Cu(II)

0,25 g Aerogel Selulosa

- diinteraksikan dengan 10 mL larutan Cu(II) dengan konsentrasi 100, 200, 300, 400 dan 500 ppm
- diaduk dengan multistirer dengan variasi waktu, pH dan suhu optimum.
- disaring

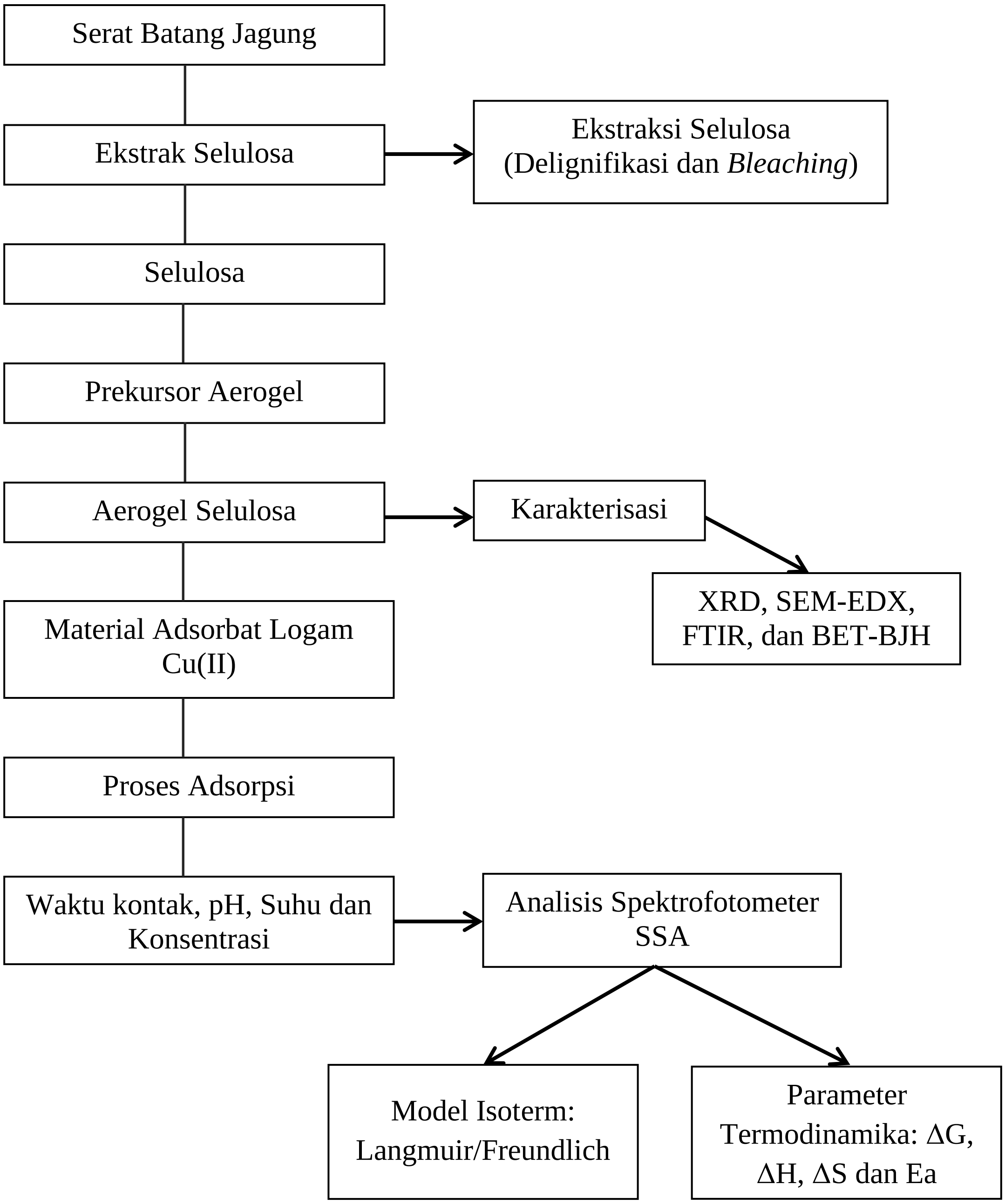
Residu

Filtrat

- diencerkan hingga 100 kali.
- diukur absorbansinya dengan spektrofotometer AAS.

Data

Lampiran 2. Diagram Alir



Lampiran 3. Perhitungan Pembuatan Larutan Pereaksi

1. **Pembuatan Larutan NaOH 6% dalam 500 mL**

$$\%b/v = \frac{\text{gram zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

$$6\% = \frac{x}{500\ \text{mL}} \times 100\%$$

$$x = 30\ \text{g}$$

2. **Pembuatan Larutan Induk $CuCl_2.2H_2O$ 1000 ppm dalam 250 mL**

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{\text{Ar Cu}}{\text{Mr Cu}}$$

$$1000\ \text{ppm} = \frac{\text{mg}}{0{,}25\ \text{L}} \times \frac{63{,}5\ \text{g/mol}}{170{,}5\ \text{g/mol}}$$

$$\text{mg} = 671{,}3211\ \text{mg}$$

$$\text{g} = 0{,}6713\ \text{g}$$

3. **Pembuatan Larutan Standar $CuCl_2.2H_2O$ 0,1; 0,5; 1; 2; 3; dan 5 ppm**

a. Konsentrasi 0,1 ppm

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 10\ \text{ppm} = 50\ \text{mL} \times 0{,}1\ \text{ppm}$$

$$V_1 = 0{,}5\ \text{mL}$$

b. Konsentrasi 0,5 ppm

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 10\ \text{ppm} = 50\ \text{mL} \times 0{,}5\ \text{ppm}$$

$$V_1 = 2{,}5\ \text{mL}$$

c. Konsentrasi 1 ppm

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 10\ \text{ppm} = 50\ \text{mL} \times 1\ \text{ppm}$$

$$V_1 = 5\ \text{mL}$$

d. Konsentrasi 2 ppm

$$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$$

$$V_1 \times 10\ \text{ppm} = 50\ \text{mL} \times 2\ \text{ppm}$$

$$V_1 = 10\ \text{mL}$$

e. Konsentrasi 3 ppm

$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$

$V_1 \times 10\ ppm = 50\ mL \times 3\ ppm$

$V_1 = 15\ mL$

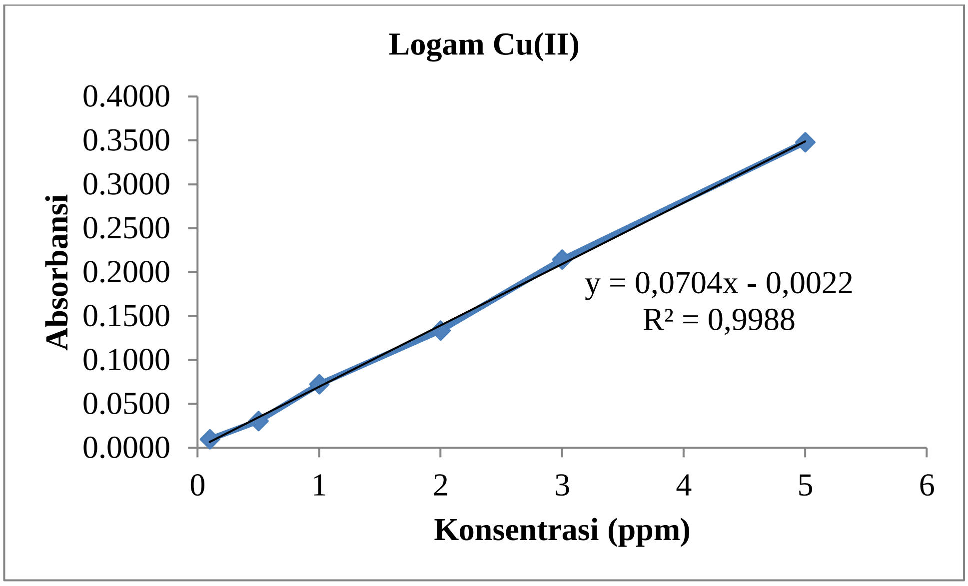
f. Konsentrasi 5 ppm

$V_1 \times C_1 = V_2 \times C_2$

$V_1 \times 10\ ppm = 50\ mL \times 5\ ppm$

$V_1 = 25\ mL$

Lampiran 4. Kurva Kalibrasi Standar $CuCl_2.2H_2O$


Logam Cu(II)
Absorbansi
0.4000
0.3500
0.3000
0.2500
0.2000
0.1500
0.1000
0.0500
0.0000
0
1
2
3
4
5
6
Konsentrasi (ppm)
y = 0,0704x - 0,0022
R² = 0,9988

Lampiran 5. Data Pengaruh Variasi Waktu Kontak Interaksi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Berdasarkan persamaan garis pada kurva kalibrasu Cu(II), maka nilai Cs_{isa} dapat dihitung. Waktu kontak 5 menit diperoleh absorbansi 0,315 dengan factor pengenceran (FP) = 100 kali.

Diketahui:

C_0 = 500 ppm

V = 10 ml = 0,01 L

y = 0,0704x – 0,0022

0,315 = 0,0704x – 0,0022

0,0704x = 0,315 + 0,0022

x = 4,52857

Csisa = 4,52857 × FP

= 4,52857 × 100

= 452,857

Rumus Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$Q = \frac{C_0 - C_{sisa}}{m} \times V = \frac{500 - 452{,}857}{0{,}25} \times 0{,}01 = 1{,}8857 \text{ mg/g}$$

Waktu (menit)	**Absorbansi**	**C_{sisa} (mg/L)**	**Q (mg/g)**
5	0,315	452,857	1,88571
15	0,303	435,714	2,5714
30	0,289	415,714	3,3714
45	**0,269**	**387,143**	**4,5143**
60	0,281	404,286	3,8286
75	0,288	414,286	3,4286
90	0,291	418,571	3,2571
120	0,293	421,429	3,1429

Lampiran 6. Data Pengaruh Variasi pH Interaksi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Rumus Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$Q = \frac{C_0 - C_{sisa}}{m} \times V$$

C_0 = 500 ppm

V = 10 ml = 0,01 L

y = 0,0704x – 0,0022

FP = 100 kali

pH	Absorbansi	Csisa (mg/L)	Q (mg/g)
1	0,220	317,143	7,3143
2	0,132	191,429	12,3429
3	0,048	71,4286	17,1429
4	0,024	37,1429	18,5143
5	0,022	34,2857	**18,6286**

Lampiran 7. Data Pengaruh Variasi Suhu Interaksi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Rumus Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$Q = \frac{C_0 - C_{sisa}}{m} \times V$$

C_0 = 500 ppm

V = 10 ml = 0,01 L

y = 0,0704x – 0,0022

FP = 100 kali

Suhu (° C)	Absorbansi	Csisa (mg/L)	Q (mg/g)
30	0,194	280,0000	8,8000
40	0,191	275,7143	8,9714
50	0,19	274,2857	**9,0286**
60	0,207	298,5714	8,0571
70	0,231	332,8571	6,6857

Lampiran 8. Data Pengaruh Variasi Konsentrasi Interaksi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Rumus Perhitungan Kapasitas Adsorpsi

$$Q = \frac{C_0 - C_{sisa}}{m} \times V$$

C_0 = 500 ppm

V = 10 ml = 0,01 L

y = 0,0704x – 0,0022

FP = 100 kali

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Csisa (mg/L)	Q (mg/g)
100	0,018	28,5714	2,8571
200	0,046	68,5714	5,2571
300	0,094	137,1429	6,5143
400	0,142	205,7143	7,7714
500	0,19	274,2857	**9,0286**

Lampiran 9. Data Kinetika Orde Satu Semu dan Orde Dua Semu Interaksi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Rumus kinetika orde satu semu larutan logam Cu(II)

$\ln (qe-qt) = -k_1 t + \ln qe$

Waktu (t)	Qe	q	qe-q	ln (qe-q)	t/q
5	4,5143	1,88571	2,62859	0,96645	2,65152
15	4,5143	2,5714	1,9429	0,66418	5,8334
30	4,5143	3,3714	1,1429	0,13357	8,89838
45	4,5143	4,5143	0	0	9,96832
60	4,5143	3,8266	0,6877	-0,3744	15,6797
75	4,5143	3,4286	1,0857	0,08222	21,8748
90	4,5143	3,2571	1,2572	0,22889	27,6319
120	4,5143	3,1429	1,3714	0,31583	38,1813

Dari grafik kinetika orde satu semu larutan logam Cu(II) diperoleh persamaan garis y = -0,0047x + 0,5087, dimana nilai slope (a) sebesar -0,0047 dan intercept (b) sebesar 0,5087.

Nilai k_1 dapar dihitung sebagai berikut:

k = 0,0047

Ln qe = intercept

Ln qe = 0,5087 = 1,6631

R^2 = 0,1967

Rumus kinetika orde dua semu logam Cu(II)

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

Dari grafik kinetika orde dua semu larutan logam Cu(II) diperoleh persamaan garis y = 0,3062x – 0,5031 , dimana nilai slope (a) sebesar 0,3062 dan intercept (b) sebesar -0,5031.

Nilai k_2 dapat dihitung sebagai berikut:

slope = $\frac{1}{q_e}$

q_e = 3,2658

intercept = $\frac{1}{k_2 q_e^2}$

k_2 = 0,1863

R^2 = 0,9748

Lampiran 10. Data Isoterm Langmuir Adsorpsi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Konsentrasi (ppm)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	Ce/Q
100	28,5714	2,8571	10,0000
200	68,5714	5,2571	13,0435
300	137,1429	6,5143	21,0526
400	205,7143	7,7714	26,4706
500	274,2857	9,0286	30,3797

Persamaan adsorpsi isotermal Langmuir

$$\frac{C_e}{Q} = \frac{1}{Qo.b} + \frac{1}{Qo}$$

Berdasarkan model isotermal Langmuir larutan logam Cu(II) diperoleh persamaan garis y = 0,086x + 7,9087 , dimana nilai slope (a) sebesar 0,086 dan intercept (b) sebesar 7,9087.

$\frac{1}{Qo}$ = kemiringan (slope)

Qo = 11,6279 mg/g

$\frac{1}{Qo.b}$ = intercept

b = 0,0109 L/mg

R^2 = 0,9848

Lampiran 11. Data Isoterm Freundlich Adsorpsi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Konsentrasi (ppm)	Ce (mg/L)	Q (mg/g)	Log Ce	Log Q
100	28,5714	2,8571	1,4559	0,4559
200	68,5714	5,2571	1,8361	0,7207
300	137,1429	6,5143	2,1372	0,8139
400	205,7143	7,7714	2,3133	0,8905
500	274,2857	9,0286	2,4382	0,9556

Persamaan adsorpsi isotermal Freundlich

$$\log \frac{X_m}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C$$

Berdasarkan model isotermal Freundlich larutan logam Cu(II) diperoleh persamaan garis y = 0,487x – 0,2243 , dimana nilai slope (a) sebesar 0,487 dan intercept (b) sebesar -0,2243.

$\frac{1}{n}$ = kemiringan (slope)

n = 2,0534 g/L

log k = intercept

k = 0,5966 mg/g

R^2 = 0,9762

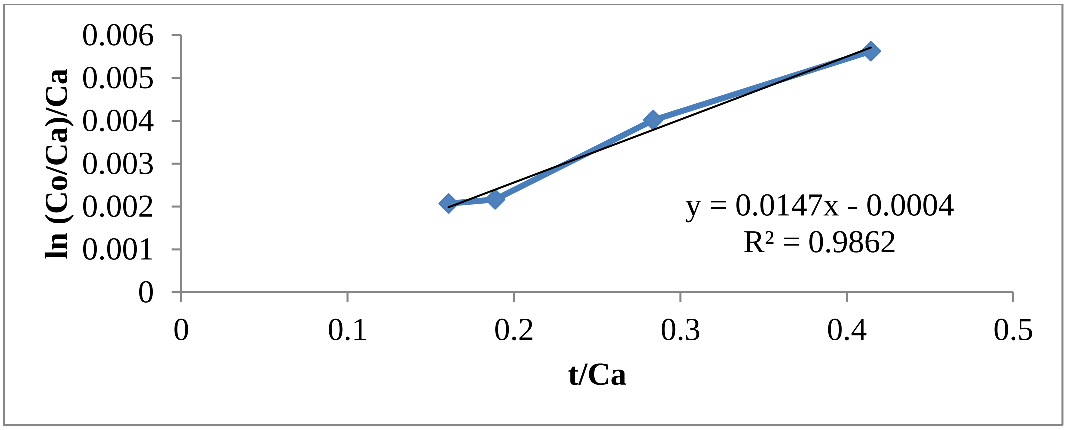
Lampiran 12. Data dan Grafik Isotermal Langmuir-Hinshelwood dan Termodinamika Adsorpsi Logam Cu(II) dengan Aerogel Selulosa

Persamaan Langmuir-Hinshelwood:

$$\frac{\ln\frac{Co}{Ca}}{Ca} = k_1 \frac{t}{Ca} + K$$

Suhu 30 ° C, t = 45 menit

Co (ppm)	Ca (ppm)	Co/Ca	t/Ca	Ln (Co/Ca)/Ca
200	108,5714	1,8421	0,4145	0,0056
300	158,5714	1,8919	0,2838	0,0040
400	238,5714	1,6766	0,1886	0,0022
500	280,0000	1,7857	0,1607	0,0021



Berdasarkan model Langmuir-Hinselwood diperoleh persamaan garis ,dari persamaan garis diperoleh nilai slope (a) = 0,0147 dan intercept (b) = -0,0004

Nilai k_1 = slope = 0,0147

Nilai K = -intercept = 0,0004

$\Delta G = -R\ T \ln K$

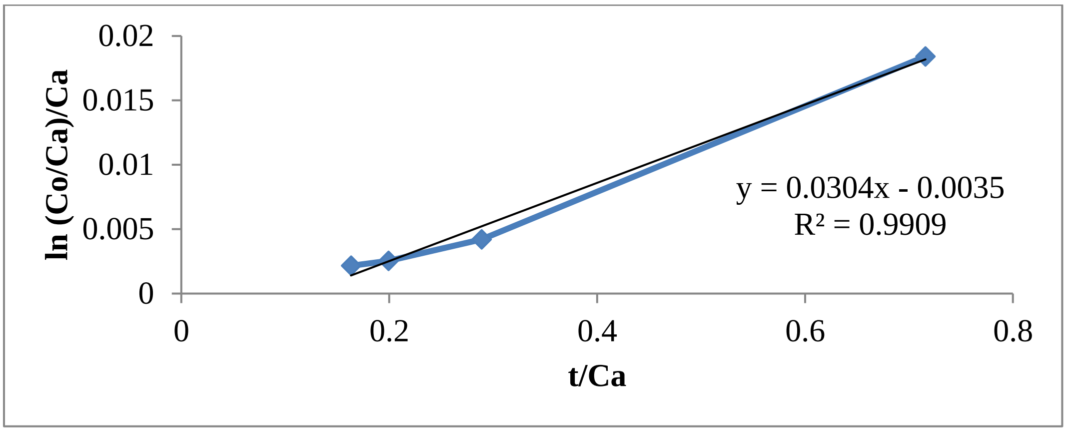
$= -8{,}314 \times 303 \times \ln (0{,}0004)$

$= -19.709{,}9$ J/mol

$= -19{,}7099$ kJ/mol

Suhu 40 ° C, t = 45 menit

Co (ppm)	Ca (ppm)	Co/Ca	t/Ca	Ln (Co/Ca)/Ca
200	62,8571	3,1818	0,7159	0,0184
300	155,7143	1,9266	0,2890	0,0042
400	225,7143	1,7722	0,1994	0,0025
500	275,7143	1,8135	0,1632	0,0022



Berdasarkan model Langmuir-Hinselwood diperoleh persamaan garis ,dari persamaan garis diperoleh nilai slope (a) = 0,0304 dan intercept (b) = -0,0035

Nilai k_1 = slope = 0,0304

Nilai K = -intercept = 0,0035

$\Delta G = -R\ T \ln K$

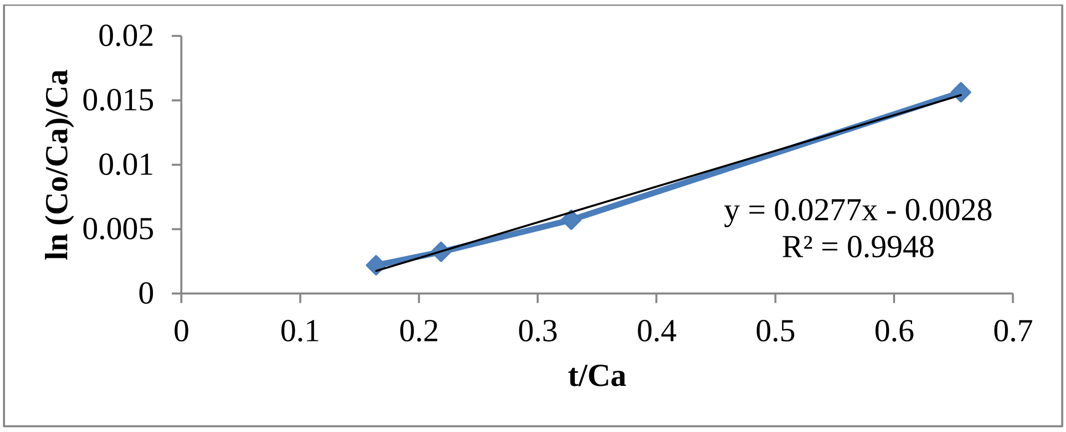
$= -8{,}314 \times 313 \times \ln (0{,}0035)$

= -14.715,9 J/mol

= -14,7159 kJ/mol

Suhu 50 ° C, t = 45 menit

Co (ppm)	Ca (ppm)	Co/Ca	t/Ca	Ln (Co/Ca)/Ca
200	68,5714	2,9167	0,6563	0,0156
300	137,1429	2,1875	0,3281	0,0057
400	205,7143	1,9444	0,2188	0,0032
500	274,2857	1,8229	0,1641	0,0022



Berdasarkan model Langmuir-Hinselwood diperoleh persamaan garis ,dari persamaan garis diperoleh nilai slope (a) = 0,0277 dan intercept (b) = -0,0028

Nilai k_1 = slope = 0,0277

Nilai K = -intercept = 0,0028

$\Delta G = -R\ T \ln K$

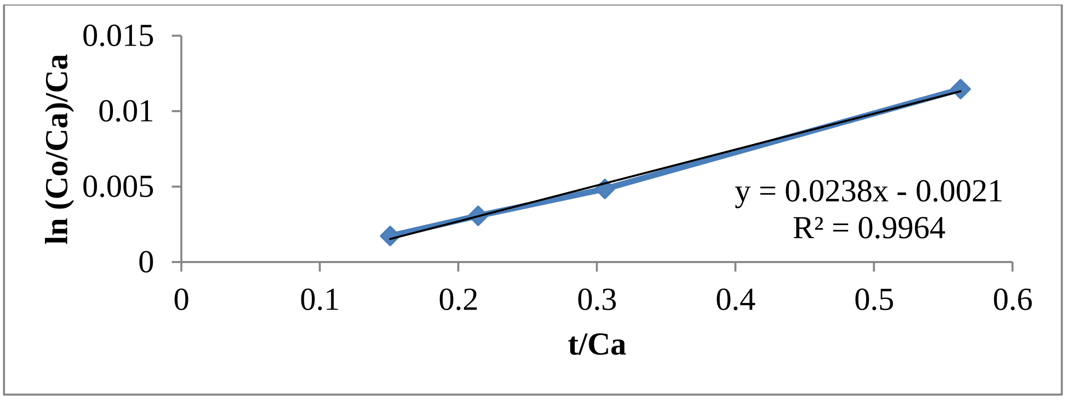
$= -8{,}314 \times 323 \times \ln (0{,}0028)$

= -15.785,3 J/mol

= -15,7853 kJ/mol

Suhu 60 ° C, t = 45 menit

Co (ppm)	Ca (ppm)	Co/Ca	t/Ca	Ln (Co/Ca)/Ca
200	80,0000	2,5000	0,5625	0,0115
300	147,1429	2,0388	0,3058	0,0048
400	210,0000	1,9048	0,2143	0,0031
500	298,5714	1,6746	0,1507	0,0017



Berdasarkan model Langmuir-Hinselwood diperoleh persamaan garis ,dari persamaan garis diperoleh nilai slope (a) = 0,0238 dan intercept (b) = -0,0021

Nilai k_1 = slope = 0,0238

Nilai K = -intercept = 0,0021

$\Delta G = -R\ T \ln K$

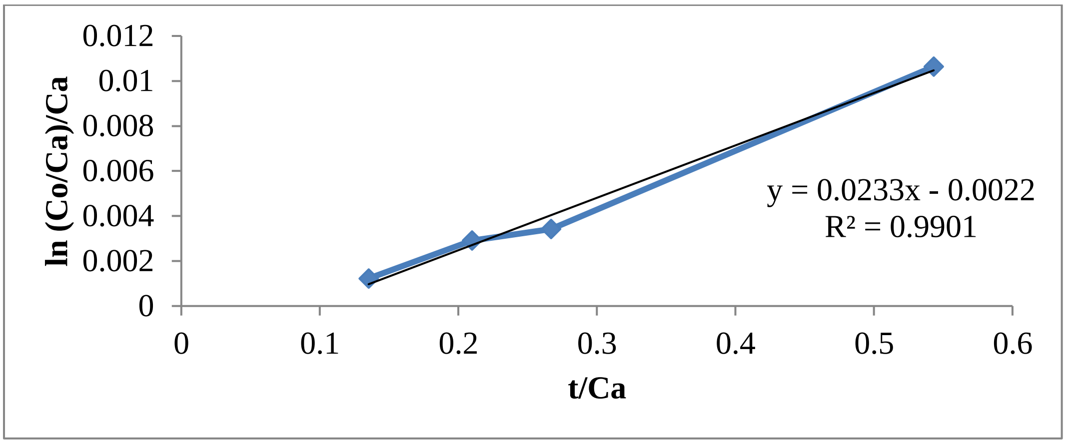
$= -8{,}314 \times 333 \times \ln (0{,}0021)$

= -17.070,4 J/mol

= -17,0704 kJ/mol

Suhu 70 ° C, t = 45 menit

Co (ppm)	Ca (ppm)	Co/Ca	t/Ca	Ln (Co/Ca)/Ca
200	82,8571	2,4138	0,5431	0,0106
300	168,5714	1,7797	0,2669	0,0034
400	214,2857	1,8667	0,2100	0,0029
500	332,8571	1,5021	0,1352	0,0012



Berdasarkan model Langmuir-Hinselwood diperoleh persamaan garis ,dari persamaan garis diperoleh nilai slope (a) = 0,0233 dan intercept (b) = -0,0022

Nilai k_1 = slope = 0,0233

Nilai K = -intercept = 0,0022

$\Delta G = -R\ T \ln K$

$= -8{,}314 \times 343 \times \ln (0{,}0022)$

$= -17.450{,}4$ J/mol

$= -17{,}4504$ kJ/mol

Nilai Energi Bebas Gibbs (ΔG)

Suhu	**R (J/mol K)**	**T (K)**	**K**	**Ln K**	**ΔG (kJ/mol)**
30	8,314	303	-0,0004	7,8240	-19,7099
40	8,314	313	-0,0035	5,6550	-14,7159
50	8,314	323	-0,0028	5,8781	-15,7853
60	8,314	333	-0,0021	6,1658	-17,0704
70	8,314	343	-0,0022	6,1193	-17,4504

Nilai Perubahan Entalpi (ΔH)

$$\text{Ln K} = -\frac{\Delta H}{R}\ \frac{1}{T} + C$$

Suhu	**T (K)**	**1/T**	**K**	**Ln k**
30	303	0,00330	0,0147	-4,2199
40	313	0,00319	0,0304	-3,4933
50	323	0,00310	0,0277	-3,5863
60	333	0,00300	0,0238	-3,7381
70	343	0,00292	0,0233	-3,7593

Dari membuat grafik ln K terhadap 1/T diperoleh persamaan garis y = 3152,2x – 3,4495

$$\frac{\Delta H}{R} = -\ \text{slope}$$

$\Delta H = -26.207{,}4$ J/mol

$= -26{,}2074$ kJ/mol

Nilai Perubahan Entropi (ΔS)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Suhu	T (K)	ΔG (kJ/mol)	ΔH (kJ/mol)	ΔS (kJ/mol)
30	303	-19,7099	-26,2074	-0,0214
40	313	-14,7159	-26,2074	-0,0367
50	323	-15,7853	-26,2074	-0,0323
60	333	-17,0704	-26,2074	-0,0274
70	343	-17,4504	-26,2074	-0,0255

Energi Aktivasi

$$\text{Ln K} = -\frac{Ea}{R}\,\frac{1}{T} + \ln A$$

Suhu	K	Ln k	T (K)	1/T
30	0,0147	-4,2199	303	0,00330
40	0,0304	-3,4933	313	0,00319
50	0,0277	-3,5863	323	0,00310
60	0,0238	-3,7381	333	0,00300
70	0,0233	-3,7593	343	0,00292

Dari membuat grafik ln K terhadap 1/T, maka diperoleh persamaan garis y = -753,66x – 1,4216

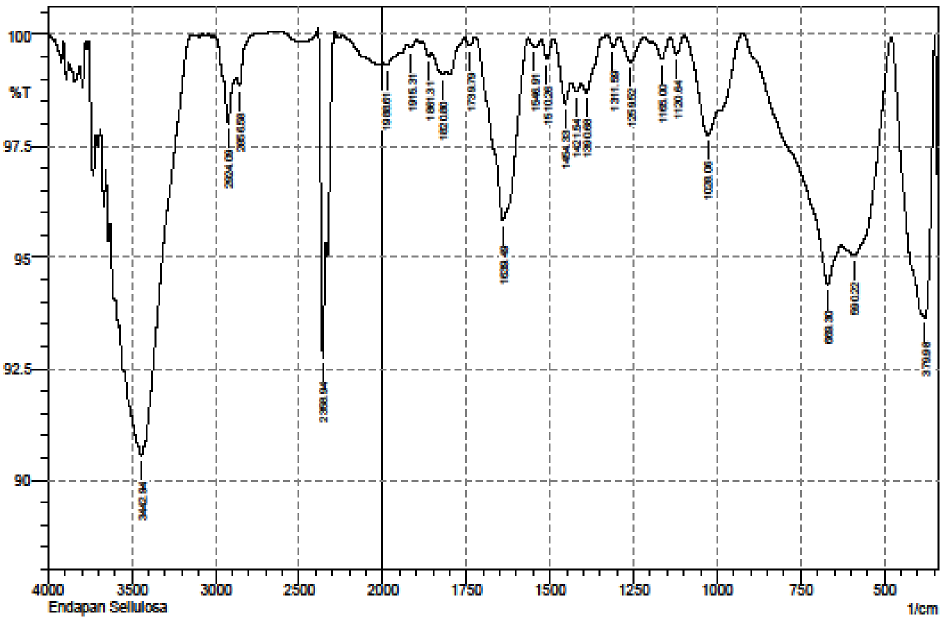
$$-\frac{Ea}{R} = \text{slope}$$

Ea = 6.265,9 J/mol

= 6,2659 kJ/mol

Lampiran 13. Analisis Hasil FTIR

SHIMADZU

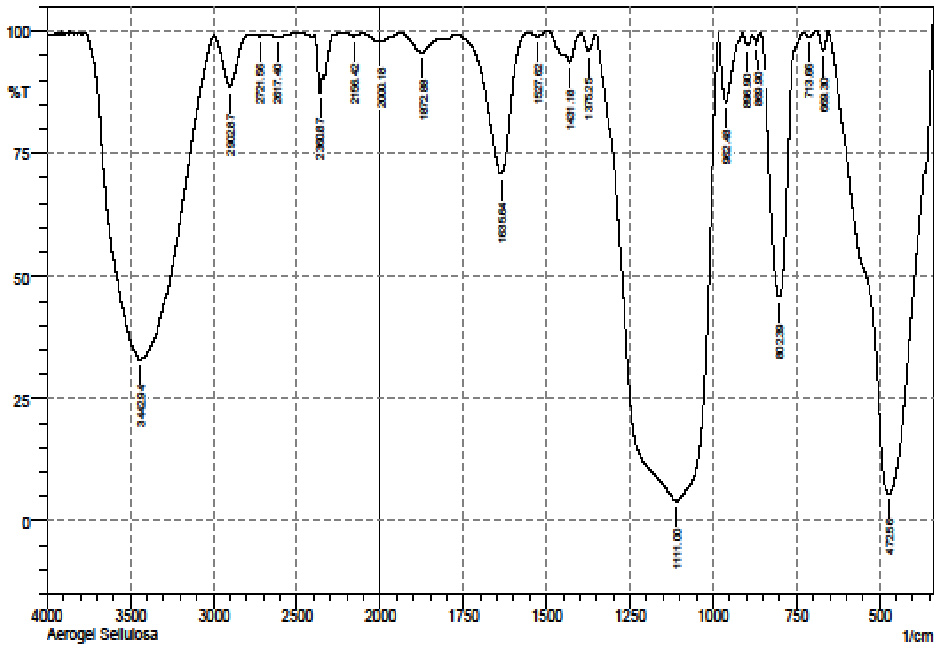


No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	379.98	93.656	6.262	478.35	351.04	2.328	2.285
2	590.22	95.051	1.434	628.79	480.28	2.351	0.792
3	669.3	94.392	1.506	921.97	630.72	3.596	0.53
4	1028.06	97.75	2.248	1097.5	923.9	0.894	0.896
5	1120.64	99.567	0.389	1141.86	1097.5	0.045	0.037
6	1165	99.449	0.439	1192.01	1141.86	0.073	0.048
7	1259.52	99.376	0.572	1294.24	1219.01	0.109	0.091
8	1311.59	99.727	0.238	1328.95	1294.24	0.022	0.017
9	1390.68	98.689	0.457	1406.11	1342.46	0.221	0.058
10	1421.54	98.708	0.196	1436.97	1406.11	0.161	0.013
11	1454.33	98.439	0.787	1490.97	1436.97	0.217	0.075
12	1510.26	99.444	0.444	1525.69	1490.97	0.051	0.034
13	1546.91	99.711	0.046	1566.2	1543.05	0.021	0.002
14	1639.49	95.831	4.097	1722.43	1566.2	1.478	1.43
15	1739.79	99.74	0.199	1755.22	1722.43	0.023	0.014
16	1820.8	99.094	0.179	1853.59	1809.23	0.143	0.022
17	1861.31	99.507	0.15	1880.6	1853.59	0.043	0.009
18	1915.31	99.707	0.107	1926.89	1899.88	0.028	0.007
19	1988.61	99.313	0.119	2002.11	1950.03	0.128	0.012
20	2358.94	92.749	4.576	2385.95	2339.65	0.883	0.414
21	2856.58	98.835	0.349	2875.86	2746.63	0.207	-0.057
22	2924.09	98.009	1.36	3010.88	2875.86	0.561	0.267
23	3442.94	90.536	3.685	3549.02	3138.18	10.102	3.21

Comment;
Endapan Sellulosa

Date/Time; 8/24/2020 12:00:31 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

SHIMADZU



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	472.56	5.559	76.291	653.87	366.48	127.75	106.445
2	669.3	96.1	3.937	690.52	653.87	0.299	0.303
3	713.66	98.846	0.866	729.09	690.52	0.113	0.072
4	802.39	45.853	53.855	858.32	729.09	17.746	17.57
5	869.9	97.187	2.268	881.47	858.32	0.139	0.084
6	896.9	97.003	2.372	910.4	881.47	0.237	0.156
7	962.48	85.367	14.254	983.7	910.4	2.408	2.289
8	1111	3.996	94.701	1350.17	985.62	262.665	260.842
9	1375.25	95.82	3.691	1398.39	1352.1	0.458	0.36
10	1431.18	93.703	2.675	1442.75	1398.39	0.742	0.234
11	1527.62	98.754	0.682	1544.98	1517.98	0.105	0.042
12	1635.64	70.828	28.691	1766.8	1562.34	11.31	10.83
13	1872.88	95.702	3.369	1934.6	1815.02	1.329	0.853
14	2000.18	97.983	0.05	2002.11	1934.6	0.359	0.001
15	2156.42	98.944	0.689	2222	2106.27	0.34	0.152
16	2360.87	87.392	6.486	2393.66	2343.51	1.698	0.584
17	2617.4	98.783	0.164	2684.91	2596.19	0.388	0.017
18	2721.56	99.026	0.255	2760.14	2684.91	0.278	0.043
19	2902.87	88.465	10.667	2997.38	2787.14	5.192	4.403
20	3442.94	32.976	3.163	3718.76	3429.43	86.032	13.011

Comment;
Aerogel Sellulosa

Date/Time; 9/8/2020 2:05:13 PM
No. of Scans;
Resolution;
Apodization;

Lampiran 14. Analisis Hasil XRD

1. Selulosa

*** Basic Data Process ***

Group : Standard
Data : selulosa

Strongest 3 peaks

no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	43	44.0683	2.05326	100	0.57090	194	5253
2	15	22.5600	3.93806	87	0.00000	169	0
3	14	22.0600	4.02618	85	0.00000	164	0

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	12.7300	6.94829	6	0.30000	11	347
2	13.1600	6.72220	4	0.00000	8	0
3	14.0000	6.32070	7	0.48000	14	572
4	14.4600	6.12065	3	0.00000	6	0
5	14.9200	5.93296	4	0.00000	8	0
6	15.2200	5.81668	6	0.32000	11	252
7	16.7250	5.29651	6	0.45000	11	356
8	18.0400	4.91328	9	0.60000	18	891
9	18.5000	4.79213	18	0.00000	34	0
10	19.1200	4.63812	30	0.00000	59	0
11	19.5400	4.53936	42	0.00000	81	0
12	20.4000	4.34989	63	0.00000	122	0
13	21.2600	4.17584	76	0.00000	148	0
14	22.0600	4.02618	85	0.00000	164	0
15	22.5600	3.93806	87	0.00000	169	0
16	23.3400	3.80819	76	0.00000	147	0
17	24.5000	3.63045	47	0.00000	91	0
18	25.3000	3.51744	37	0.00000	71	0
19	25.6400	3.47156	32	0.00000	62	0
20	25.9000	3.43729	30	0.00000	58	0
21	26.6000	3.34841	26	1.32000	50	3329
22	27.5000	3.24083	16	0.00000	31	0
23	27.9400	3.19079	13	0.00000	25	0
24	28.3600	3.14448	13	0.00000	26	0
25	28.7000	3.10800	8	0.88000	15	629
26	29.2833	3.04740	9	0.27330	17	282
27	29.8000	2.99573	8	0.16000	15	306
28	30.1000	2.96655	6	0.00000	11	0
29	30.6000	2.91921	5	0.24000	10	294
30	30.7600	2.90439	4	0.00000	8	0
31	30.9000	2.89155	5	0.16000	9	109
32	31.1933	2.86502	4	0.14670	7	119
33	34.0316	2.63229	13	0.52330	26	755
34	35.0300	2.55951	7	0.34000	14	289
35	35.9300	2.49744	4	0.54000	8	263
36	37.1400	2.41881	3	0.20000	6	58
37	37.8263	2.37648	40	0.57930	78	2167
38	39.5183	2.27854	24	0.57670	46	1321
39	40.9200	2.20367	5	0.16000	9	174
40	41.6500	2.16672	5	0.22000	10	236
41	42.5200	2.12438	7	0.36000	13	461
42	43.3700	2.08469	4	0.18000	8	110
43	44.0683	2.05326	100	0.57090	194	5253
44	44.9741	2.01399	10	0.40170	20	488
45	45.4800	1.99276	6	0.00000	11	0
46	45.6600	1.98532	4	0.00000	8	0
47	46.1900	1.96376	5	0.54000	10	410
48	47.2700	1.92138	4	0.42000	8	363

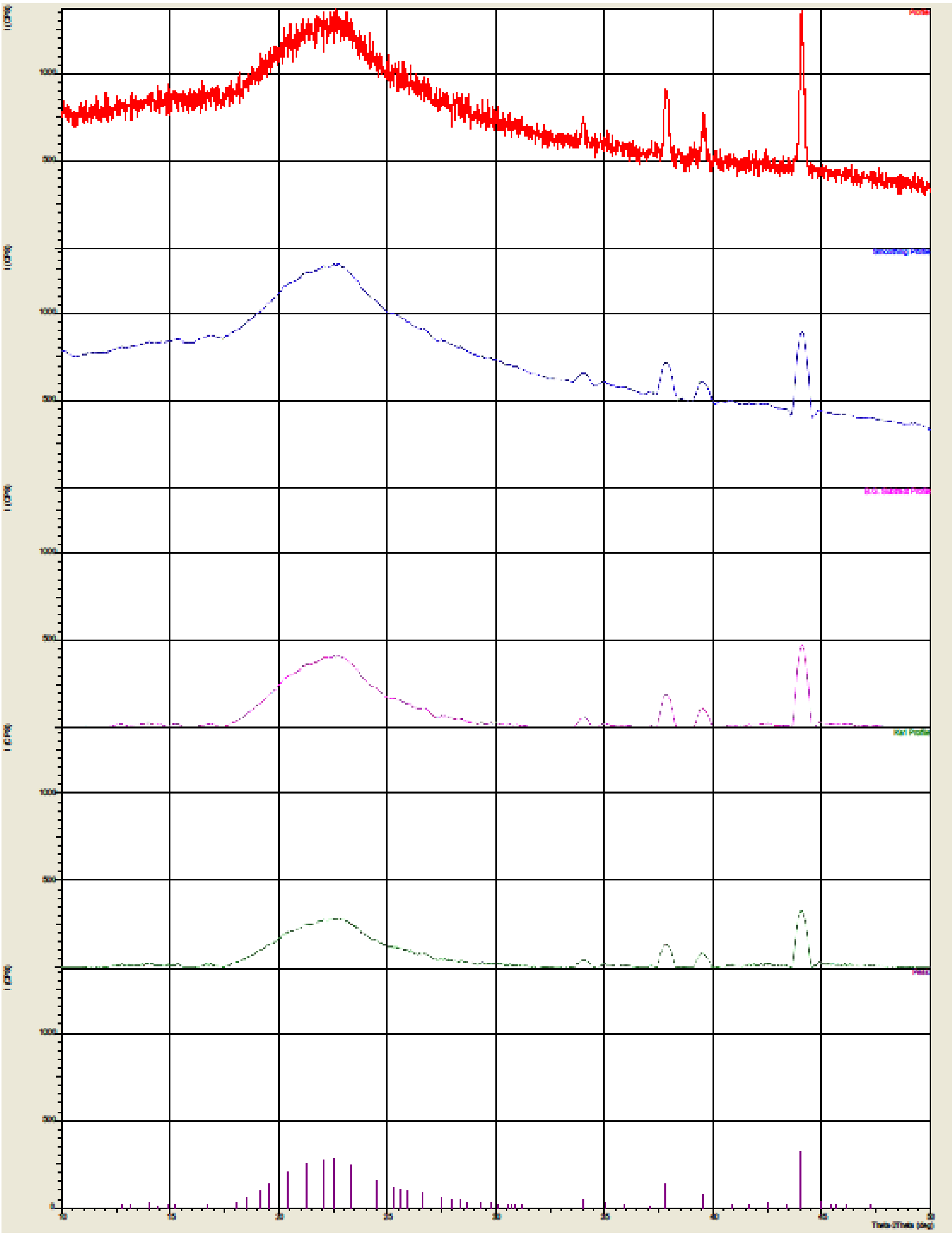
```
        ***  Basic Data Process   ***

# Data Infomation
        Group                  : Standard
        Data                   : selulosa
        Sample Nmae            : serbuk
        Comment                :
        Date & Time            : 09-11-20 11:36:21

# Measurement Condition
    X-ray tube
        target                 : Cu
        voltage                : 40.0  (kV)
        current                : 30.0  (mA)
    Slits
        Auto Slit              : Used
        divergence   slit   :   1.00000    (deg)
        scatter   slit   :      1.00000    (deg)
        receiving slit :  0.30000(mm)
    Scanning
        drive axis             : Theta-2Theta
        scan range             :   10.0000 - 50.0000  (deg)
        scan mode              : Continuous Scan
        scan speed             :    2.0000  (deg/min)
        sampling pitch         :    0.0200  (deg)
        preset time            :    0.60  (sec)

# Data Process Condition
    Smoothing                  [ AUTO ]
        smoothing points       : 51
    B.G.Subtruction            [ AUTO ]
        sampling points        : 51
        repeat times           : 30
    Kal-a2  Separate           [ MANUAL ]
        Kal  a2  ratio         : 50  (%)
    Peak  Search               [ AUTO ]
        differential points :  29
        FWHM  threhold         : 0.050  (deg)
        intensity  threhold    : 30  (par mil)
        FWHM ratio   (n-1)/n : 2
    System error Correction    [ NO ]
    Precise peak Correction    [ NO ]
```

< Group: Standard   Data: selulosa >



2. Aerogel Selulosa

*** Basic Data Process ***

Group : Standard
Data : aerogel selulosa

Strongest 3 peaks

no.	peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	10	22.5600	3.93806	100	2.22400	631	59865
2	9	20.7800	4.27120	84	2.60880	528	53568
3	8	19.3000	4.59526	36	0.00000	227	0

Peak Data List

peak no.	2Theta (deg)	d (A)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	10.6000	8.33923	4	0.34660	24	539
2	11.6800	7.57045	11	1.28000	72	8637
3	13.0200	6.79417	20	0.00000	125	0
4	14.8800	5.94882	32	0.00000	205	0
5	15.6000	5.67584	32	0.00000	204	0
6	16.5600	5.34891	27	0.00000	169	0
7	18.4200	4.81277	23	0.00000	144	0
8	19.3000	4.59526	36	0.00000	227	0
9	20.7800	4.27120	84	2.60880	528	53568
10	22.5600	3.93806	100	2.22400	631	59865
11	25.0400	3.55337	6	0.76000	39	2536
12	31.3350	2.85239	5	0.81000	30	1389
13	34.8791	2.57024	20	1.70830	125	11462
14	36.5800	2.45454	7	0.00000	43	0
15	37.7891	2.37874	8	0.76830	52	3464
16	39.5550	2.27651	8	0.71000	48	1870
17	41.2200	2.18832	6	1.56000	36	2501
18	41.9000	2.15437	6	0.00000	38	0
19	43.1800	2.09342	5	0.52000	29	2250
20	44.0643	2.05344	15	0.57530	92	2584
21	45.6000	1.98779	4	1.10000	27	1155
22	46.3000	1.95935	3	1.12000	19	1475

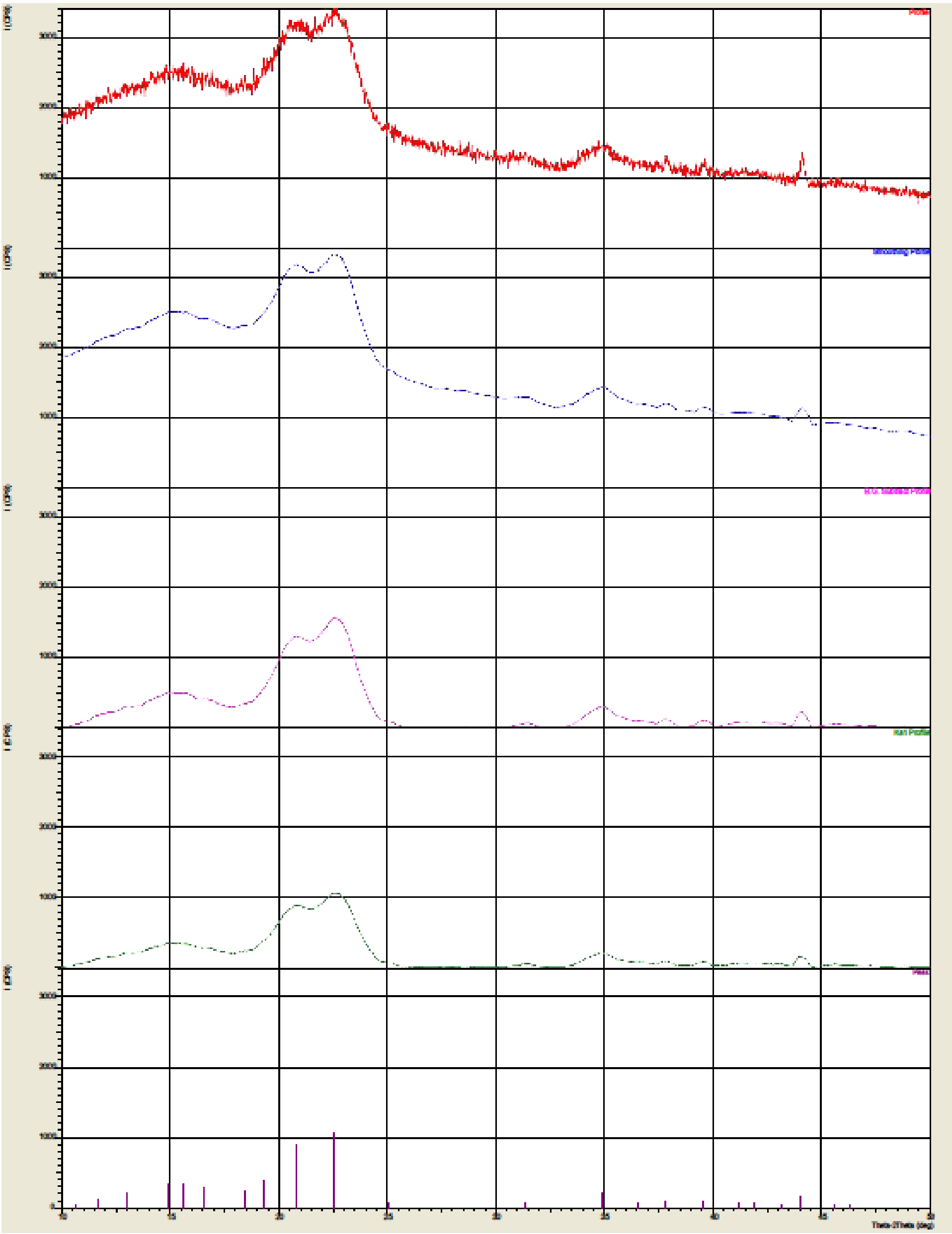
*** Basic Data Process ***

Data Infomation
Group : Standard
Data : aerogel selulosa
Sample Nmae : serbuk
Comment :
Date & Time : 09-11-20 10:47:31

Measurement Condition
X-ray tube
target : Cu
voltage : 40.0 (kV)
current : 30.0 (mA)
Slits
Auto Slit : Used
divergence slit : 1.00000 (deg)
scatter slit : 1.00000 (deg)
receiving slit : 0.30000 (mm)
Scanning
drive axis : Theta-2Theta
scan range : 10.0000 - 50.0000 (deg)
scan mode : Continuous Scan
scan speed : 2.0000 (deg/min)
sampling pitch : 0.0200 (deg)
preset time : 0.60 (sec)

Data Process Condition
Smoothing [AUTO]
smoothing points : 51
B.G.Subtruction [AUTO]
sampling points : 51
repeat times : 30
Ka1-a2 Separate [MANUAL]
Ka1 a2 ratio : 50 (%)
Peak Search [AUTO]
differential points : 51
FWHM threhold : 0.050 (deg)
intensity threhold : 30 (par mil)
FWHM ratio (n-1)/n : 2
System error Correction [NO]
Precise peak Correction [NO]

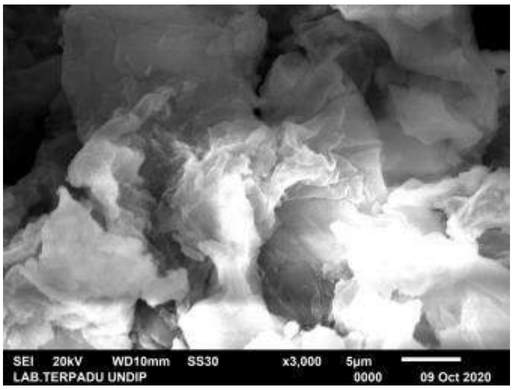
< Group: Standard   Data: aerogel selulosa >

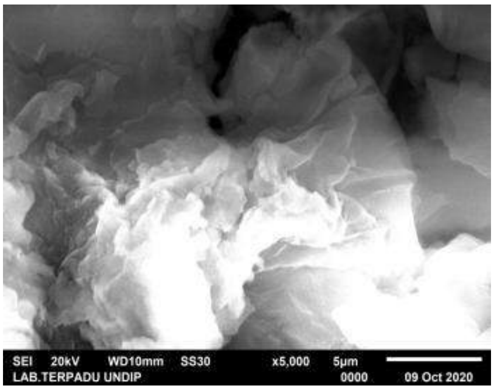


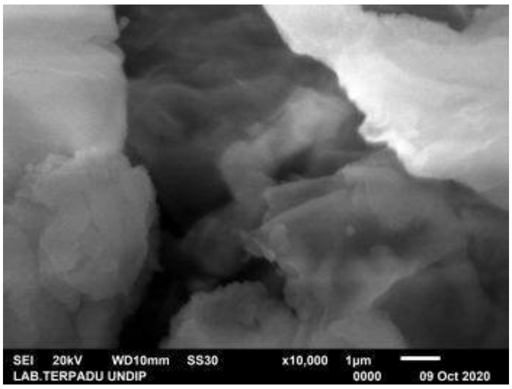
Lampiran 15. Analisis Hasil SEM

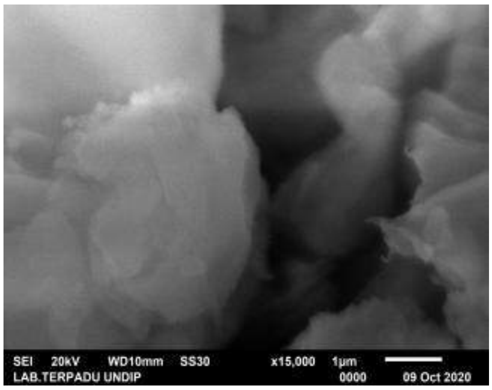
KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
UPT LABORATORIUM TERPADU
Jalan Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang Kotak Pos 1269
Telepon (024) 76918147- Faksimile (024) 76918148, Website : http://labterpadu.undip.ac.id;
E-mail : labterpadu@live.undip.ac.id

Hasil Uji Citra SEM sbb:
Aerogel Selulosa sebelum adsorpsi



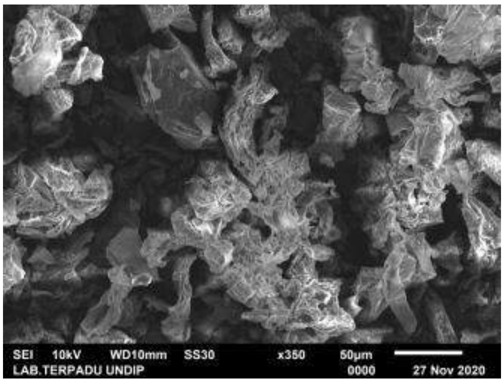


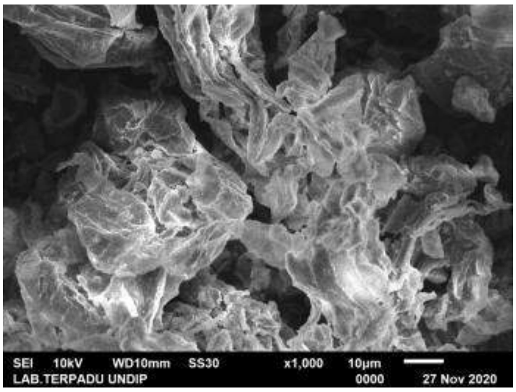


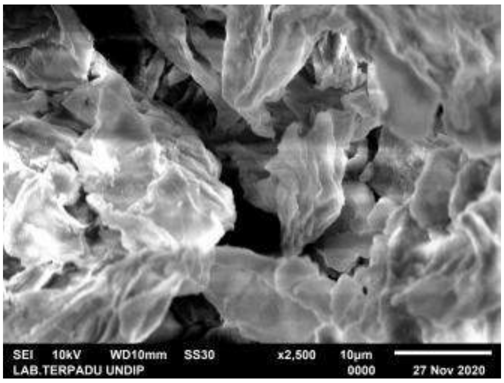


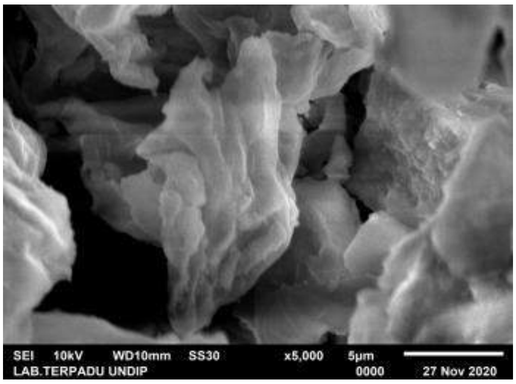
KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
UPT LABORATORIUM TERPADU
Jalan Prof. Soedarto, SH Tembalang Semarang Kotak Pos 1269
Telepon (024) 76918147- Faksimile (024) 76918148, Website : http://labterpadu.undip.ac.id;
E-mail : labterpadu@live.undip.ac.id

Hasil Uji Citra SEM sbb:
Aerogel Selulosa setelah adsorpsi









Lampiran 16. Analisis Hasil BET-BJH

Quantachrome® ASiQwin™- Automated Gas Sorption Data Acquisition and Reduction
© 1994-2013, Quantachrome Instruments
version 3.01

Analysis			**Report**		
Operator:	UNDIP	Date:2020/12/23	**Operator:** UNDIP		Date:2021/01/06
Sample ID:	01154	**Filename:**	20201223 AEROGEL SELULOSA.qps		
Sample Desc:		**Comment:**			
Sample Weight:	0.0488 g	**Instrument:**	Autosorb IQ Station 1		
Outgas Time:	3.0 hrs	**Outgas Temp.:**	300 °C		
Analysis gas:	Nitrogen	**Non-ideality:**	6.58e-05 1/Torr	**CellType:**	9mm w/o rod
Analysis Time:	10:42 hr:min	**Bath temp.:**	77.35 K		
Analysis Mode:	Standard			**VoidVol Remeasure:**	off
VoidVol. Mode:	He Measure	**Cold Zone V:**	0 cc	**Warm Zone V:**	0 cc

BJH Pore Size Distribution Adsorption

Data Reduction Parameters Data

	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
t-Method	Calc. method: de Boer		
BJH/DH method	Moving pt. avg.: off	Ignoring P-tags below 0.35 P/Po	
Adsorbate	Nitrogen	Temperature 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å²	Liquid Density: 0.808 g/cc

BJH Pore Size Distribution Adsorption Data

Radius [Å]	Pore Volume [cc/g]	Pore Surf Area [m²/g]	dV(r) [cc/Å/g]	dS(r) [m²/Å/g]	dV(logr) [cc/g]	dS(logr) [cc/g]
15.2718	4.6962e-03	6.1502e+00	2.8827e-03	3.7752e+00	1.0127e-01	1.3263e+02
17.0310	1.1818e-02	1.4513e+01	3.7694e-03	4.4265e+00	1.4767e-01	1.7341e+02
19.1236	2.0022e-02	2.3094e+01	3.5734e-03	3.7372e+00	1.5716e-01	1.6437e+02
21.5658	3.0924e-02	3.3204e+01	4.2119e-03	3.9061e+00	2.0890e-01	1.9373e+02
24.4997	4.4365e-02	4.4177e+01	4.0986e-03	3.3459e+00	2.3087e-01	1.8847e+02
28.1282	5.5963e-02	5.2423e+01	2.9156e-03	2.0731e+00	1.8852e-01	1.3404e+02
32.6827	7.1303e-02	6.1810e+01	2.9896e-03	1.8295e+00	2.2452e-01	1.3739e+02
39.0366	9.8119e-02	7.5549e+01	3.5393e-03	1.8133e+00	3.1713e-01	1.6248e+02
47.8764	1.3776e-01	9.2108e+01	3.9234e-03	1.6390e+00	4.3091e-01	1.8001e+02
61.4236	2.2403e-01	1.2020e+02	5.0777e-03	1.6533e+00	7.1354e-01	2.3234e+02
86.4603	3.7254e-01	1.5455e+02	4.4890e-03	1.0384e+00	8.8266e-01	2.0418e+02
157.5650	4.4314e-01	1.6351e+02	6.4701e-04	8.2126e-02	2.2504e-01	2.8564e+01
962.2872	4.5538e-01	1.6377e+02	8.1575e-06	1.6954e-04	1.3494e-02	2.8045e-01

BJH adsorption summary

Surface Area = 163.769 m²/g
Pore Volume = 0.455 cc/g
Pore Radius Dv(r) = 61.424 Å

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data Acquisition and Reduction

version 3.01

Analysis				**Report**		
Operator:	UNDIP	**Date:**2020/12/23		**Operator:** UNDIP		**Date:**2021/01/06
Sample ID:	01154		**Filename:**	20201223 AEROGEL SELULOSA.qps		
Sample Desc:			**Comment:**			
Sample Weight:	0.0488 g		**Instrument:**	Autosorb IQ Station 1		
Outgas Time:	3.0 hrs		**Outgas Temp.:**	300 °C		
Analysis gas:	Nitrogen		**Non-ideality:**	6.58e-05 1/Torr	**CellType:**	9mm w/o rod
Analysis Time:	10:42 hr:min		**Bath temp.:**	77.35 K		
Analysis Mode:	Standard				**VoidVol Remeasure:**	off
VoidVol. Mode:	He Measure		**Cold Zone V:**	0 cc	**Warm Zone V:**	0 cc

BJH Pore Size Distribution Desorption

Data Reduction Parameters Data

	Thermal Transpiration: on	Eff. mol. diameter (D): 3.54 Å	Eff. cell stem diam. (d): 4.0000 mm
t-Method	Calc. method: de Boer		
BJH/DH method	Moving pt. avg.: off	Ignoring P-tags below 0.35 P/Po	
Adsorbate	Nitrogen	Temperature 77.350K	
	Molec. Wt.: 28.013	Cross Section: 16.200 Å²	Liquid Density: 0.808 g/cc

BJH Pore Size Distribution Desorption Data

Radius [Å]	Pore Volume [cc/g]	Pore Surf Area [m²/g]	dV(r) [cc/Å/g]	dS(r) [m²/Å/g]	dV(logr) [cc/g]	dS(logr) [cc/g]
15.2933	5.4006e-03	7.0627e+00	3.2031e-03	4.1889e+00	1.1268e-01	1.4736e+02
17.0925	1.1874e-02	1.4637e+01	3.3849e-03	3.9607e+00	1.3308e-01	1.5572e+02
19.1217	1.5885e-02	1.8832e+01	1.8689e-03	1.9547e+00	8.2200e-02	8.5976e+01
21.5199	2.3488e-02	2.5898e+01	2.8687e-03	2.6661e+00	1.4197e-01	1.3194e+02
24.4680	3.1152e-02	3.2163e+01	2.3611e-03	1.9300e+00	1.3283e-01	1.0857e+02
28.1124	4.4203e-02	4.1448e+01	3.2280e-03	2.2965e+00	2.0859e-01	1.4840e+02
32.7716	6.6404e-02	5.4997e+01	4.2086e-03	2.5684e+00	3.1689e-01	1.9339e+02
39.0675	1.1624e-01	8.0508e+01	6.8112e-03	3.4869e+00	6.1092e-01	3.1275e+02
47.9281	2.4236e-01	1.3314e+02	1.2121e-02	5.0581e+00	1.3324e+00	5.5601e+02
61.8450	4.2550e-01	1.9236e+02	1.0508e-02	3.3982e+00	1.4864e+00	4.8069e+02
87.2937	4.4150e-01	1.9603e+02	4.7816e-04	1.0955e-01	9.4922e-02	2.1748e+01
151.5829	4.5005e-01	1.9716e+02	8.9801e-05	1.1848e-02	3.0287e-02	3.9960e+00
740.1371	4.6012e-01	1.9743e+02	9.3132e-06	2.5166e-04	1.2465e-02	3.3682e-01
1496.7910	4.6012e-01	1.9743e+02	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00	0.0000e+00

BJH desorption summary

Surface Area =	197.430 m²/g
Pore Volume =	0.460 cc/g
Pore Radius Dv(r) =	47.928 Å

Quantachrome® ASiQwin™ - Automated Gas Sorption Data Acquisition and Reduction

version 3.01

Analysis				**Report**			
Operator:	UNDIP	Date:2020/12/23		**Operator:** UNDIP		Date:2021/01/06	
Sample ID:	01154		**Filename:**	20201223 AEROGEL SELULOSA.qps			
Sample Desc:			**Comment:**				
Sample Weight:	0.0488 g		**Instrument:**	Autosorb IQ Station 1			
Outgas Time:	3.0 hrs		**Outgas Temp.:**	300 °C			
Analysis gas:	Nitrogen		**Non-ideality:**	6.58e-05 1/Torr		**CellType:**	9mm w/o rod
Analysis Time:	10:42 hr:min		**Bath temp.:**	77.35 K			
Analysis Mode:	Standard					**VoidVol Remeasure:**	off
VoidVol. Mode:	He Measure		**Cold Zone V:**	0 cc		**Warm Zone V:**	0 cc

Raw Analysis Data

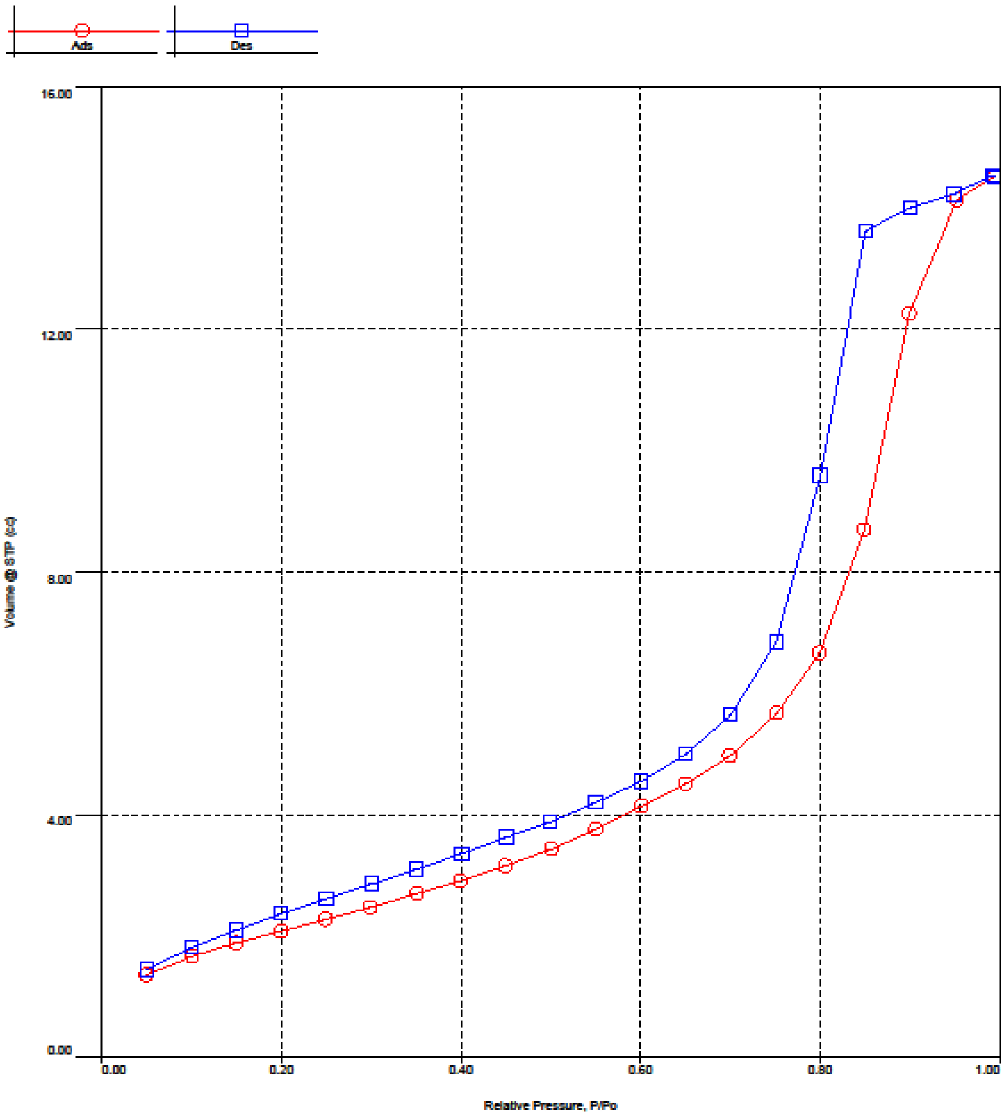
Raw Analysis Data

Press [Torr]	P0 [Torr]	Volume @ STP [cc]	Time [min]	Tol	Equ
37.5664	760.00	1.36323	25.7	0	1
76.3602	760.00	1.67466	59.9	0	1
113.54	760.00	1.89408	65.3	0	1
151.623	760.00	2.08573	70.0	0	1
189.759	760.00	2.28313	74.5	0	1
227.405	760.00	2.47938	79.5	0	1
266.593	760.00	2.70718	90.0	0	1
303.61	760.00	2.9142	95.7	0	1
341.346	760.00	3.16263	102.4	0	1
380.689	760.00	3.44218	112.4	0	1
417.961	760.00	3.76477	122.4	0	1
456.697	760.00	4.14823	135.7	0	1
494.104	760.00	4.51543	146.9	0	1
531.312	760.00	4.97048	158.9	0	1
571.216	760.00	5.68309	179.2	0	1
607.502	760.00	6.67115	200.4	0	1
645.396	760.00	8.70357	240.6	0	1
683.38	760.00	12.266	293.9	0	1
723.923	760.00	14.1378	329.1	0	1
755.728	760.00	14.5113	351.1	0	1
754.274	760.00	14.5321	357.9	0	1
721.473	760.00	14.2276	377.6	0	1
684.168	760.00	14.0011	388.4	0	1
646.47	760.00	13.6145	401.2	0	1
608.093	760.00	9.58933	459.5	0	1
570.779	760.00	6.85669	492.2	0	1
532.322	760.00	5.65776	515.3	0	1
494.244	760.00	5.00982	533.8	0	1
456.182	760.00	4.55308	547.8	0	1
417.764	760.00	4.20829	561.9	0	1
379.474	760.00	3.88592	573.6	0	1
342.703	760.00	3.63977	581.1	0	1
304.677	760.00	3.36473	590.8	0	1
266.425	760.00	3.11141	596.1	0	1
228.237	760.00	2.86454	598.3	0	1
190.199	760.00	2.61613	601.1	0	1
151.965	760.00	2.37808	605.6	0	1
113.999	760.00	2.10586	626.0	0	1
76.3661	760.00	1.82366	632.8	0	1
37.9613	760.00	1.4578	642.3	0	1

Quantachrome® ASiQwin™- Automated Gas Sorption Data Acquisition and Reduction
© 1994-2013, Quantachrome Instruments
version 3.01

Analysis				**Report**			
Operator:	UNDIP	**Date:**2020/12/23		**Operator:** UNDIP		**Date:**2021/01/06	
Sample ID:	01154		**Filename:**	20201223 AEROGEL SELULOSA.qps			
Sample Desc:			**Comment:**				
Sample Weight:	0.0488 g		**Instrument:**	Autosorb IQ Station 1			
Outgas Time:	3.0 hrs		**Outgas Temp.:**	300 °C			
Analysis gas:	Nitrogen		**Non-ideality:**	6.58e-05 1/Torr		**CellType:**	9mm w/o rod
Analysis Time:	10:42 hr:min		**Bath temp.:**	77.35 K			
Analysis Mode:	Standard					**VoidVol Remeasure:**	off
VoidVol. Mode:	He Measure		**Cold Zone V:**	0 cc		**Warm Zone V:**	0 cc

Raw Data : Raw Linear



Report Id:{611610603:20210106 090036168} Page 1 of 1

Lampiran 17. Dokumentasi Kegiatan Penelitan

Sampel limbah batang jagung yang telah dicuci dan dipotong-potong

Sampel yang telah dioven selama 16 jam

Sampel diayak dengan pengayak 100 mesh hingga didapatkan serat batang jagung

Proses delignifikasi

Proses *bleaching*

Selulosa murni yang diperoleh dari tahap ekstraksi

Penambahan prekursor SiO_2 dan proses koagulasi

Hasil produk aerogel selulosa setelah *freeze dryer*

Proses adsorpsi antara logam Cu(II) dengan adsorben aerogel selulosa