

Karakterisasi Desikan Komposit Silika Gel

Characterization of Silica Gel Composite Desiccant

SKRIPSI

Oleh:

Nama: Yafi Haidar Wahyucakra Pratama

NPM: 183030048



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Yafi Haidar Wahyucakra Pratama

Nomor Pokok Mahasiswa : 183030048

Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Dalam Skripsi yang saya kerjakan ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan/ditulis oleh orang lain untuk memperoleh gelar dari suatu perguruan tinggi,
2. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip/disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam referensi,
3. Naskah laporan skripsi yang ditulis bukan dilakukan secara *copy paste* dari karya orang lain dan mengganti beberapa kata yang tidak perlu.
4. Naskah laporan skripsi bukan hasil plagiarisme.

Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman/sanksi apapun sesuai peraturan yang berlaku.

Bandung, 25 April 2025

Penulis,



Yafi Haidar Wahyucakra Pratama

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini, sebagai sivitas akademik Universitas Pasundan, saya:

Nama : Yafi Haidar Wahyucakra Pratama
NPM : 183030048
Program Studi : Teknik Mesin FT UNPAS
Jenis Karya : Skripsi, makalah, laporan magang kerja, karya profesi

Menyatakan bahwa sebagai pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, saya menyetujui memberikan kepada Universitas Pasundan Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Karakterisasi Desikan Komposit Silika Gel

Beserta perangkat yang ada (jika ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Pasundan berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Bandung, 25 April 2025

Yang menyatakan,



Yafi Haidar Wahyucakra Pratama

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Karakterisasi Desikan Komposit Silika *Gel*



Nama: Yafi Haidar Wahyucakra Pratama
NPM: 183030048

Pembimbing Utama



Ir. Syahbardia, M.T

Pembimbing Pendamping



Dr. Ir. Widyanti Kwintarini, M.T

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Karakterisasi Desikan Komposit Silika Gel



Nama: Yafi Haidar Wahyucakra Pratama
NPM: 183030048

Tanggal sidang skripsi: 25 April 2025

Ketua : Ir. Syahbardia, M.T

Sekretaris : Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Sugiharto, M.T.

Anggota : Dr. Ir. Dedi Lazuardi, DEA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT dengan segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, penulis masih diberikan nikmat umur serta kesehatan lahir maupun batin sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan judul Karakterisasi Desikan Komposit Silika *Gel*. Shalawat serta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga serta sahabatnya dan kepada umatnya hingga akhir zaman. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari pengamatan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua Orang Tuaku, yang telah berjuang membesarkan, merawat, dan mendidik hingga saat ini serta terima kasih pula atas do'a dan dukungannya.
2. Bapak Ir. Syahbardia, M.T. selaku Pembimbing Utama Laporan Skripsi
3. Ibu Dr. Ir. Widiyanti Kwintarini, M.T. selaku Pembimbing Pendamping Skripsi.
4. Bapak Dr. Ir. Sugiharto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pasundan.
5. Rekan-rekan Teknik Mesin 2018.

Penulis selaku penyusun menyadari bahwa laporan skripsi ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat dibutuhkan guna menyempurnakan laporan selanjutnya. Demikian yang dapat penulis sampaikan, penulis mohon maaf apabila ada kekurangan. Semoga dengan selesainya penulisan laporan skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi pembaca dan semua pihak yang telah mendukung pembuatan laporan ini menjadi salah satu sumber ilmu yang bermanfaat.

Bandung, 25 April 2025

Penulis,



Yafi Haidar Wahyucakra Pratama

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN.....	i
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
ABSTRAK.....	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1. Latar belakang	1
2. Rumusan masalah.....	2
3. Tujuan	2
4. Manfaat	2
5. Lingkup masalah	2
6. Sistematika penulisan	2
BAB II STUDI LITERATUR.....	4
1. Pengertian <i>desiccant</i>	4
2. Adsorpsi dan absorpsi	5
3. Adsorben dan adsorbat.....	9
4. Silika gel	9
5. Karton bergelombang	10
6. X-ray fluorescence (XRF).....	10
7. Surface area analyzer (SAA).....	11

8. Air conditioner	12
BAB III METODOLOGI.....	13
1. Umum	13
2. Tahapan penelitian.....	13
3. Tempat penelitian	14
4. Peralatan dan bahan yang digunakan	15
5. Pembuatan dan pencelupan roda <i>desiccant</i>	15
6. Metode pengukuran/pengujian	19
7. Metode pengolahan data	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
1. Persiapan sampel	21
2. Sintesis silika <i>gel</i>	22
3. Tahap pelepasan kadar air pada silika <i>gel</i>	23
4. Tahap pembubukan roda.....	24
5. Data hasil pelapisan silika <i>gel</i>	24
6. Uji mampu serap silika <i>gel</i>	25
7. Data hasil pengujian SAA dan XRF	26
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	38
1. Kesimpulan	38
2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	42
1. Karton bergelombang yang sudah terlapisi silika gel	42
2. Sampel pengujian SAA dan XRF	42
3. Data ukuran rata-rata pori	43
4. Data total volume pori	44
5. Data BJH adsorpsi distribusi pori	45
6. Data BJH desorpsi distribusi pori	46

7.	Data isothermal silika gel karton bergelombang	48
8.	BET multi-point silika gel karton bergelombang	51
9.	Data unsur oksida	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Silika gel.....	4
Gambar 2. Litium klorida [8].....	5
Gambar 3. Glikol [9]	5
Gambar 4. Absorpsi dan adsorpsi [12]	6
Gambar 5. Skematis proses absorpsi [14]	7
Gambar 6. Skematik adsorpsi adsorbat ke dalam pori adsorben [15]	7
Gambar 7. Standard international union of pure applied chemistry (IUPAC) [16].....	8
Gambar 8. IUPAC hysteresis loop morphological classification [18]	8
Gambar 9. Silika gel.....	9
Gambar 10. Karton bergelombang.....	10
Gambar 11. X-Ray fluorescence[25]	11
Gambar 12. Surface area analyzer (SAA)[27]	11
Gambar 13. Air handling unit [31].....	12
Gambar 14. Alur penelitian	14
Gambar 15. Pemotongan karton	15
Gambar 16. Proses pengeleman.....	16
Gambar 17. Proses pencelupan.....	16
Gambar 18. Pengeringan di dalam ruangan.....	16
Gambar 19. Proses pencelupan.....	17
Gambar 20. Proses pengeringan dengan sinar matahari	17
Gambar 21. Pengukuran roda	18
Gambar 22. Pengeringan dengan hair dryer	18
Gambar 23. Pengukuran roda	18
Gambar 24. Pengeringan dengan kipas	19
Gambar 25. Pengukuran massa roda	19
Gambar 26. Persiapan roda desikan.	21
Gambar 27. Diagram skematik.	22
Gambar 28. Tahap pelepasan kadar air.	23
Gambar 29. Tahap pembubukan roda	24
Gambar 30. Grafik adsorpsi roda desikan 1	26
Gambar 31. Grafik adsorpsi roda desikan 2	27
Gambar 32. Grafik adsorpsi roda desikan 3	27

Gambar 33. Perbandingan adsorpsi 3 roda desikan	28
Gambar 34. Grafik desorpsi roda desikan 1	29
Gambar 35. Grafik desorpsi roda desikan 2	29
Gambar 36. Grafik desorpsi roda desikan 3	30
Gambar 37. Perbandingan desorpsi 3 roda desikan	30
Gambar 38. Grafik isothermal roda desikan 1	31
Gambar 39. Grafik isothermal roda desikan 2	31
Gambar 40. Grafik isothermal roda desikan 3	32
Gambar 41. Perbandingan isothermal 3 roda desikan	32
Gambar 42. Unsur oksida roda desikan 1	35
Gambar 43. Unsur oksida roda desikan 2	36
Gambar 44. Unsur oksida roda desikan 3	36
Gambar 45. Perbandingan unsur oksida 3 roda desikan	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbedaan absorpsi dan adsorpsi [11].....	6
Tabel 2. Data pengukuran massa pada karton gelombang	25
Tabel 3. Kemampuan silika gel pada karton bergelombang.....	25
Tabel 4. Hasil pengujian x-ray fluorescence roda desikan 1	33
Tabel 5. Hasil pengujian x-ray fluorescence roda desikan 2	34
Tabel 6. Hasil pengujian x-ray fluorescence roda desikan 3	34



ABSTRAK

Produk berbasis silika banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti obat-obatan, cat, keramik, proses kimia, dan pendingin udara (AC). Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakterisasi desikan komposit silika gel yang diterapkan pada karton bergelombang. Metode penelitian melibatkan dua tahap utama, yaitu persiapan sampel dan analisis karakterisasi. Proses pengeringan menggunakan *hair dryer*, *microwave*, dan *blower* berlangsung selama 60 menit, sedangkan adsorpsi dilakukan dengan menyimpan sampel dalam ruangan selama 18 jam untuk mengamati kemampuannya dalam menyerap kelembapan. Karakterisasi dilakukan menggunakan alat *Surface Area Analyzer* (SAA) untuk menentukan luas permukaan pori, volume pori, dan rata-rata pori berdasarkan metode Brunauer Emmet Teller (BET), serta *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengidentifikasi unsur oksida dalam material. Hasil pengujian menggunakan alat *Surface Area Analyzer* (SAA) menunjukkan bahwa grafik menunjukkan padatan berpori besar atau mesopori dan makropori pada silika gel yang melapisi sampel. Di mana hasil yang didapat untuk ukuran pori rata-rata roda desikan 1 adalah 5,4 nm, roda desikan 2 sebesar 2,7 nm, dan roda desikan 3 sebesar 2,3 nm. Serta luas permukaan pori yang didapat adalah 32,7 m²/g pada roda desikan 1, 44,8 m²/g pada roda desikan 2, dan 48,6 m²/g pada roda desikan 3. Volume pori roda desikan 1 sebesar 0,08 cc/g, 0,06 cc/g roda desikan 2, dan 0,05 cc/g untuk roda desikan 3. Kemampuan adsorpsi dan desorpsi terbaik berada di roda desikan 2 dengan variasi ukuran pori yang lebih beragam dan distribusi pori yang lebih stabil. Hasil uji unsur oksida menggunakan alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan bahwa jumlah pengotor yang terkandung sangat sedikit. Sedangkan untuk kadar silikon dioksida atau SiO₂ yang terkandung sebesar 12,3 % pada roda desikan 1, 5,48 % pada roda desikan 2, sedangkan 25,74 % pada roda desikan 3. Berdasarkan hasil pengujian XRF dari ketiga roda ini dapat disimpulkan bahwa roda desikan 3 memiliki silika terbanyak berjumlah 25,74 % walaupun kemampuan adsorpsinya terendah. Penelitian ini menunjukkan potensi pengembangan silika gel sebagai desikan yang efisien.

Kata kunci: Adsorpsi silika gel, penerapan silika gel, desikan, karakterisasi.

ABSTRACT

Silica-based products are widely used in various fields such as pharmaceuticals, paints, ceramics, chemical processes, and air conditioning (AC). This study aims to enhance the characterization of silica gel composite desiccants applied to corrugated cardboard. The research method involves two main stages: sample preparation and characterization analysis. The drying process using a hair dryer, microwave, and blower was carried out for 60 minutes, while adsorption was conducted by storing the samples in a room for 18 hours to observe their moisture absorption capacity. Characterization was performed using a Surface Area Analyzer (SAA) to determine pore surface area, pore volume, and average pore size based on the Brunauer Emmet Teller (BET) method, as well as X-Ray Fluorescence (XRF) to identify the oxide elements in the material. The test results using the Surface Area Analyzer (SAA) indicated that the graphs showed large porous solids or mesopores and macropores in the silica gel coating the samples. The average pore sizes obtained were 5.4 nm for desiccant wheel 1, 2.7 nm for desiccant wheel 2, and 2.3 nm for desiccant wheel 3. The pore surface areas were 32.7 m²/g for desiccant wheel 1, 44.8 m²/g for desiccant wheel 2, and 48.6 m²/g for desiccant wheel 3. The pore volumes were 0.08 cc/g for desiccant wheel 1, 0.06 cc/g for desiccant wheel 2, and 0.05 cc/g for desiccant wheel 3. The best adsorption and desorption performance was observed in desiccant wheel 2 due to its more diverse pore size variation and more stable pore distribution. The oxide element analysis using X-Ray Fluorescence (XRF) showed that the amount of impurities present was very small. The silicon dioxide (SiO₂) content was 12.3% in desiccant wheel 1, 5.48% in desiccant wheel 2, and 25.74% in desiccant wheel 3. Based on the XRF analysis of the three wheels, it can be concluded that desiccant wheel 3 had the highest silica content at 25.74%, although its adsorption capacity was the lowest. This study demonstrates the potential for developing silica gel as an efficient desiccant.

Keywords: Adsorption of silica gel, application of silica gel, desiccant, characterization

BAB I PENDAHULUAN

1. Latar belakang

Produk berbasis silika yang disebut silika *gel* banyak digunakan dalam beberapa bidang seperti obat-obatan, cat, keramik, proses kimia, dan *Air Conditioner* (AC). Silika amorf atau silika yang memiliki susunan molekul tidak rata yang terdiri dari globula tetrahedral SiO_4 yang tidak teratur dan beragregat untuk membentuk kerangka tiga dimensi adalah definisi lain dari gel silika. [1]. Secara umum silika *gel* dapat digunakan sebagai adsorben bahan kimia polar (elektrostatik), pengering atau desikan, pengisi kolom kromatografi, dan isolator. Berdasarkan konsep pertukaran ion, gel silika juga dapat digunakan untuk menyerap ion logam, namun hal ini hanya mungkin terjadi pada logam tertentu [2]. Ikatan ion diciptakan oleh gaya elektrostatik yang dihasilkan dari gaya tarik antara ion bermuatan berlawanan. Ini juga menambah kecenderungan ion untuk mengikat permukaan adsorben yang bermuatan berlawanan [3]. Metode untuk pemisahan preparatif adalah kromatografi kolom, sampel yang berupa campuran seberat beberapa gram dipisahkan dengan teknik ini. Ide dasar kromatografi kolom adalah pemisahan berdasarkan prinsip adsorpsi [4]. Isolator adalah material atau bahan dengan kemampuan yang dapat mencegah menghantarkan panas atau listrik seperti keramik, polimer, kayu, dan lain-lain. Keramik merupakan salah satu bahan yang memiliki kemampuan sebagai isolator listrik dan panas [5].

Berdasarkan penelitian sebelumnya, di mana hasilnya adalah silika gel pada karton gelombang memiliki kemampuan adsorpsi sebesar 9,37 % dengan kemampuan menyerap kadar air atau kelembapan sebesar 0,06 g selama 12 jam. Pada penelitian ini dikembangkan dengan proses pengeringan menggunakan *Hair dryer*, *Microwave*, dan *Blower* di mana proses tersebut membutuhkan waktu kurang lebih 60 menit dan proses adsorpsi setelah dicelupkan membutuhkan waktu 24 jam. Tahap utama dalam penelitian ini adalah melakukan pengujian karakterisasi silika *gel* dan pengujian adsorpsi. Karakterisasi silika *gel* dilaksanakan dengan menggunakan *Surface Area Analyzer* (SAA) dengan menggunakan rumus BET (*Brunauer Emmett Teller*) untuk mengukur pori-pori, ukuran butir, serta luas permukaan butir dan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk melakukan pengukuran terhadap unsur oksida yang terkandung pada silika *gel*.

2. Rumusan masalah

Penulisan laporan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Desikan Komposit Silika *Gel*” terdapat beberapa rumusan masalah, antara lain:

- Bagaimana mengetahui ukuran volume pori, rata-rata pori, luas permukaan pori silika *gel*?
- Bagaimana mengetahui hasil unsur oksida dari silika *gel*?

3. Tujuan

Berdasarkan pada masalah yang telah dirumuskan maka penelitian bertujuan untuk mengetahui tujuan yang akan dicapai adalah sebagai berikut:

- Untuk mengetahui hasil pengukuran volume pori, rata-rata pori, luas permukaan pori silika *gel*.
- Untuk mengetahui hasil unsur oksida dari silika *gel*.

4. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- *Surface Area Analyzer* (SAA) adalah alat yang digunakan untuk memberikan informasi tentang ukuran volume pori, rata-rata pori, luas permukaan pori dari silika *gel*.
- *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah alat yang digunakan untuk memberikan informasi mengenai hasil unsur oksida dari silika *gel*.

5. Lingkup masalah

Adapun penelitian ini dibatasi pada karakterisasi desikan komposit Silika *Gel*.

6. Sistematika penulisan

Laporan skripsi ini diuraikan berdasarkan beberapa bab dan disajikan dalam bentuk susunan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II STUDI LITERATUR

Bab ini berisi materi yang diambil dari buku teks atau jurnal. Materi dapat berupa tabel, gambar, ataupun teori yang berhubungan dengan skripsi.

BAB III METODOLOGI

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam penelitian dapat berupa diagram alir penelitian atau sejenisnya.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil pengujian dan analisis dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini disajikan kesimpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian yang dilakukan guna menjawab tujuan dari penelitian dan saran-saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian terkait ke depannya



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pelapisan silika gel sampai pada pengujian adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat *Surface Area Analyzer* (SAA) menunjukkan bahwa roda desikan 2 menjadi yang terbaik dengan kemampuan serap uap air sebesar 5,3%. Hasil karakteristik yang didapat adalah ukuran pori rata-rata roda desikan 2 sebesar 2,7 nm, luas permukaan pori 44,8 m²/g, dan volume pori sebesar 0,06 cc/g.
- Berdasarkan hasil pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF) ini mengindikasikan bahwa silika atau SiO₂ yang terkandung paling banyak dimiliki oleh roda desikan 3 sebesar 25,74%.

2. Saran

Dari hasil pelapisan, pengujian dan analisa penulis dapat memberikan suatu saran untuk penelitian berikutnya. Antara lain sebagai berikut:

- Pada saat proses pencelupan spesimen pada asam sulfat harus tercelup semua permukaan dan dibolak-balik supaya merata ke semua sisi serta tidak melakukan pencelupan dua kali.
- Setelah pencelupan spesimen dari natrium silikat diamkan dan keringkan terlebih dahulu supaya tidak menimbulkan butiran atau kristal silika gel pada celah dinding karton.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Nuryono and N. Narsito, "Effect of Acid Concentration on Characters of Silica Gel Synthesized From Sodium Silicate," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 5, no. 1, pp. 23–30, 2010, doi: 10.22146/ijc.21834.
- [2] M. Yusuf, D. Suhendar, and E. Hadisantoso Prabowo, "Edisi Juli 2014 Volume VIII No. 1," *UIN SGD Bandung*, vol. VIII, no. 1, pp. 159–181, 2014.
- [3] F. W. Mahatmanti and W. Sumarni, "Kajian Termodinamika Penyerapan Zat Warna Metil Oranye (Mo) Dalam Larutan Air Oleh Kitosan," *Kajian Termodinamika Penyerapan*, vol. VI, no. 2, pp. 13–18, 2003, doi: 10.14710/jksa.6.2.13-18.
- [4] A. N. L. Sholikah, "Isolasi senyawa steroid dari fraksi petroleum eter hasil hidrolisis ekstrak metanol Alga Merah (*Eucheuma spinosum*) menggunakan metode kromatografi kolom," p. 24, 2016.
- [5] A. D. Yusandika, "Sintesis Keramik Coerdierite Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Material Isolator Listrik," *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-BiRuNi*, vol. 05, no. 2, pp. 161–172, 2016, doi: 10.24042/jpifalbiruni.v5i2.116.
- [6] R. Tariq, M. Ali, N. A. Sheikh, M. W. Shahzad, and B. Bin Xu, "Deep learning artificial intelligence framework for sustainable desiccant air conditioning system: Optimization towards reduction in water footprints," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 140, no. December 2022, p. 106538, 2023, doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2022.106538.
- [7] K. Daou, R. Z. Wang, and Z. Z. Xia, "Desiccant cooling air conditioning: a review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 10, no. 2, pp. 55–77, Apr. 2006, doi: 10.1016/J.RSER.2004.09.010.
- [8] Walkerma, "Caesium Chloride." Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Sesium_klorida#/media/Berkas:Caesium_chloride.jpg
- [9] LHcheM, "Sample of Ethylene Glycol." Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Samplpe_of_Ethylene_glycol.jpg
- [10] Y. Artioli, "The Chemistry of Adsorption," *Encyclopedia of Ecology*, vol. 5, pp. 60–65, 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00252-4>.
- [11] D. Winarto, "Adsorpsi dan Absorpsi." Accessed: Mar. 02, 2023. [Online]. Available: <https://www.ilmukimia.org/2016/01/adsorpsi-dan-absorpsi.html>
- [12] "Modelación de fenómenos de adsorción en problemas de flujo y transporte," 2016, doi: 10.13140/RG.2.2.24433.92009.

- [13] M. Khair, B. S. Indira, and R. Salsabila, "Preparasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Bening Dengan Bantuan Iradiasi Microwave," *CHEDS: Journal of Chemistry, Education, and Science*, vol. 7, no. 1, pp. 97–102, Jun. 2023, doi: 10.30743/cheds.v7i1.7130.
- [14] N. Kharal, "Selection of Novel Technology For Wastewater Treatment," 2017, *Norwegian University of Life Sciences (NMBU), Norway*. doi: 10.13140/RG.2.2.32046.41286.
- [15] D. D. Do, *Adsorption Analysis: Equilibria And Kinetics (With Cd Containing Computer Matlab Programs)*. in Series On Chemical Engineering. World Scientific Publishing Company, 1998. doi: <https://doi.org/10.1142/p111>.
- [16] M. Thommes *et al.*, "Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report)," *Pure and Applied Chemistry*, vol. 87, no. 9–10, pp. 1051–1069, Oct. 2015, doi: 10.1515/pac-2014-1117.
- [17] K. S. W. Sing, "International Union Of Pure And Applied Chemistry Physical Chemistry Division Commission On Colloid And Surface Chemistry Including Catalysis* Reporting Physisorption Data For Gas/Solid Systems with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity Reporting physisorption data for gas/solid systems-with special reference to the determination of surface area and porosity," 1985. doi: DOI:10.1351/pac198557040603.
- [18] Y. Liu *et al.*, "Pore Structure and Fractal Characteristics of Continental Low Maturity Organic-Rich Shale in the Sha-4 Member of the Liaohe Western Depression," *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 1, 2023, doi: 10.3390/en16010327.
- [19] A. Clearfield, H. P. Perry, and K. J. Gagnon, "5.08 - Porous Pillared Clays and Layered Phosphates," in *Comprehensive Inorganic Chemistry II (Second Edition)*, Second Edition., J. Reedijk and K. Poeppelmeier, Eds., Amsterdam: Elsevier, 2013, pp. 169–211. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097774-4.00509-X>.
- [20] L. W. Wang, J. Y. Wu, R. Z. Wang, Y. X. Xu, and S. G. Wang, "Experimental study of a solidified activated carbon-methanol adsorption ice maker," *Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University.*, vol. 23, no. 12, pp. 1453–1462, 2003, doi: 10.1016/S1359-4311(03)00103-0.
- [21] M. Riyadh, "Analisa proses adsorpsi dengan variasi bentuk silika gel sebagai adsorben dan air sebagai adsorbat untuk aplikasi pendingin alternatif skripsi," *Universitas Indonesia*, p. 8, 2009.
- [22] Elvita *et al.*, "Review : Sintesis Nanopartikel Silika Dari Beberapa Material Dengan Metode Sol-Gel" *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, vol. 14, pp. 115–123, 2025.
- [23] S. Aisah, Z. Zulfikar, and Y. A. Sulistiyo, "Sintesis Silika Gel Berbasis Fly Ash Batu Bara PLTU Paiton Sebagai Adsorben Zat Warna Rhodamin B," *BERKALA SAINSTEK*, vol. 6,

no. 1, p. 31, May 2018, doi: 10.19184/bst.v6i1.7761.

- [24] Qanytah and I. Ambarsari, "Efisiensi Penggunaan Kemasan Kardus Distribusi Mangga Arumanis," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, vol. 30, no. 1, pp. 8–15, 2011.
- [25] A. Setiabudi, R. Hardian, and A. Muzakir, *Karakterisasi Material: Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*, 1st ed., vol. 1. Bandung: UPI PRESS, 2012.
- [26] F. Hamdan, "Sintesis kompleks mangan (II) dengan ligan 2-metil imidazol menggunakan metode solvotermal," Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang, 2021.
- [27] A. Singh, "BET Surface Area Analyzer," Sophisticated Instrumentation Center, Indian Institute of Technology Indore. [Online]. Available: <https://sic.iiti.ac.in/bet-surface-area-analyzer-2/>. [Accessed: Mar. 12, 2023].
- [28] Sofiyanah, *Tugas Elusidasi Senyawa Anorganik: Surface Area Analyzer (SAA)*, unpublished student report, Universitas Islam Negeri (UIN), [Online]. Available: Personal archive, September 2024.
- [29] Pujiarti, "Poliklinik Universitas Sumatera Utara," *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, vol. 1, no. 3, pp. 82–91, 2018.
- [30] Y. Chandra, "Perencanaan Instalasi Air Conditioner (AC) Pada Hotel Champions," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy (Jamere)*, vol. 1, no. 1, pp. 30–34, 2021.
- [31] Munters Group AB, *DryCool™ Dehumidification System (DDS): Engineering Catalog*, Catalog No. EC0001-03, Munters Corporation, Feb. 2009. [Online]. Available: <https://www.munters.com>
- [32] A. Setiabudi, *Bab 4: Teknik XRF*, Universitas Pendidikan Indonesia, unpublished lecture material, accessed September 15, 2024. [Online]. Available: http://file.upi.edu/browse.php?dir=Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._KIMIA/196808031992031-Agus_Setiabudi/Bahan_Kuliah_Karakterisasi_Material/Bab_4_Teknik_XRF.pdf