

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ZnO/KARBON AKTIF
TEMPURUNG KELAPA SAWIT TERAKTIVASI ZnCl₂
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL
UNTUK PENJERAPAN FENOL**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai Gelar
Sarjana Sains (S.Si.) pada Program Studi Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta**



Disusun oleh :

ULUL SUGESTI

No. Mahasiswa : 14612195

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ZnO/KARBON AKTIF
TEMPURUNG KELAPA SAWIT TERAKTIVASI ZnCl₂
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL
UNTUK PENJERAPAN FENOL**

oleh :

ULUL SUGESTI

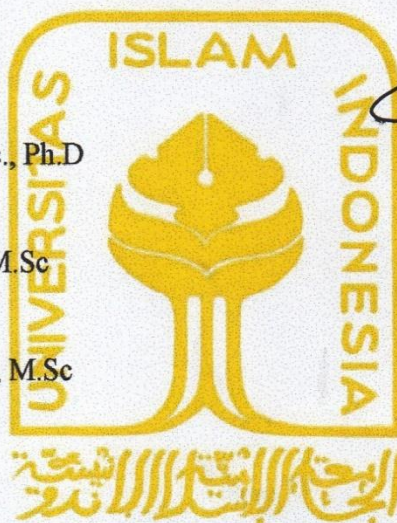
No. Mahasiswa : 14612195

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Skripsi
Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia

Tanggal : 23 Maret 2018

Dewan Penguji

1. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D
2. Amri Setyawati, M.Sc
3. Mai Anugrahwati, M.Sc



Tanda tangan

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

(Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Perbaiki Jadwal Sholatmu, Agar Allah Atur Jadwal Hidupmu”

Alhamdulillahirobbil’alamin, terimakasih Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kemudahan, dan kelancaran kepada hambamu ini hingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Hamba bersyukur kepada-Mu untuk setiap tahapan yang Engkau berikan yang Engkau rancang dengan indahnyanya.

Teruntuk dua orang yang paling penting, paling berharga, dan paling berpengaruh dalam hidup saya. Bapak dan ibuk. Terimakasih selalu mendidik anakmu ini dengan baik menurut ajaran agama. Terimakasih untuk semua do’a yang selalu terucap setiap saat. Terimakasih selalu memberikan kekuatan. Terimakasih untuk semua dukungan moril maupun materil yang tidak terkira banyaknya. Pak buk, maaf kalau selama ini masih suka ngeyel, belum bisa membanggakan, belum bisa membahagiakan, dan masih menyusahkan bapak dan ibuk. InshaaAllah bapak dan ibuk selalu menjadi motivasi untuk anakmu ini agar mampu membanggakan dan membahagiakan bapak dan ibuk di dunia dan akhirat. Terimakasih untuk the only one my sister Annisa Ridhotul. Semangat dan sukses buat UN 2018 nya ya. Tertib shalat. Selalu belajar dan berdoa. Sukses dunia dan akhirat.

Terimakasih untuk bapak Allwar, M.sc., Ph.D selaku dosen pembimbing. Terimakasih ilmunya pak. Banyak sekali ilmu yang saya dapat. InsyaaAlloh saya manfaatkan dengan baik ilmunya.

Terimakasih untuk ibu Amri Setyawati, M.Sc dan Mai Anugrahwati, M.Sc selaku dosen penguji skripsi. Terimakasih bu Amri dan bu Mai.

Terimakasih untuk seluruh dosen Kimia UII yang tidak dapat di sebutkan satu persatu, Terimakasih untuk semua bekal yang diberikan untuk menggapai cita-cita.

Terimakasih untuk partner penelitian terbaik, pejuang komposit nunna dan asih, terimakasih atas bantuan, dukungan, ilmu sharingnya. Maaf kalau suka merepotkan. Thank very khamisa guys kalian the best !!!

Terimakasih untuk Cewek Strong, my favorite girls, 4 bidadari yang dari semester awal hingga akhir ini selalu support dalam keadaan apapun. Nunna, Greef Rose, Pratna, Nissa saranghae eonni eonni hehe. Wajib keep in touch till kapan pun dan dimanapun ya. Sukses buat kita. See you on top!

Terimakasih untuk perempuan-perempuan tangguh kelas C. Kelas yang diam-diam menghanyutkan. Greef Rose Nunna, Pratna, Nissa, Intan, Mila, Rizka, Ririn, Kak Jijah, Kak Amik, Vina, Farah, Lia, Kikik, Rani. Terimakasih selama 4 tahun ini sudah memberikan warna dan keceriaan di perjuangan ini. Terimakasih bantuan ilmunya dan segala dukungannya.

Terimakasih untuk teman-teman di kelas C dan teman-teman Kimia UII 2014 yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih untuk 4 tahun yang indah ini.

Terimakasih untuk ciwi-ciwi rempong SMA, putri, ulfi, fika, rizka, niken.
Terimakasih doa dan semua supportnya. Always semangat ya berjuang demi masa depan yang indah.

Terimakasih squad unit 394 Kupang. Nia, Afu, Rifah, Hesty, Akbar, Isya, Bang Rickoh, Bang Naga. Terimakasih keluarga 2 sks yang selalu on fire, yang selalu mengisi setiap detik saya dengan canda tawa dan kekompakan yang sangat luar biasa.

Terimakasih Kimia UII, Terimakasih Universitas Islam Indonesia.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ulul Sugesti

NIM : 14612195

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul *Pembuatan Dan Karakterisasi ZnO/Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Teraktivasi ZnCl₂ Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Penjerapan Fenol* bersifat asli dan tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini.

Apabila di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, 11 Maret 2018



Ulul Sugesti

NIM. 14612195

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi yang berjudul “Pembuatan Dan Karakterisasi Zno/Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Teraktivasi $ZnCl_2$ Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Penjerapan Fenol”.

Skripsi atau Tugas Akhir (TA) merupakan salah satu mata kuliah wajib bagi mahasiswa semester VIII Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia untuk mendapatkan gelar syarat Sarjana Sains (S.Si).

Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik hingga dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari bimbingan dan arahan dari berbagai pihak yang telah membantu. Oleh karenanya dengan kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Nandang Sutrisno, S.H, M.Hum., LLM, Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Drs. Allwar, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia dan Dosen Pembimbing Skripsi.
3. Dr. Is Fatimah, M.Si. selaku Ketua Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia

4. Serta pihak- pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu saya selama ini dalam proses penelitian maupun penulisan Skripsi, saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun berkaitan dengan isi maupun teknis guna untuk melengkapi dan menyempurnakan Skripsi ini.

Atas perhatian dari semua pihak yang telah membantu penulisan dalam penyusunan Skripsi ini, penulis ucapkan banyak terimakasih. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 11 Maret 2018

Penyusun



Ulul Sugesti

**PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI ZnO/KARBON AKTIF
TEMPURUNG KELAPA SAWIT TERAKTIVASI ZnCl₂
MENGUNAKAN METODE HIDROTERMAL
UNTUK PENJERAPAN FENOL**

ULUL SUGESTI
NIM 14612195

INTISARI

Dalam penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan komposit ZnO/KA sebagai adsorben untuk menyerap fenol. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium. Pembuatan komposit ZnO/KA dilakukan dengan cara mencampurkan karbon aktif teraktivasi ZnCl₂ 40% dan ZnO dengan perbandingan 10 : 1 yang diproses menggunakan metode hidrotermal pada suhu 250 °C selama 2,5 jam. Komposit ZnO/KA dikarakterisasi menggunakan instrumen FTIR, SEM-EDX, XRD, dan SAA. Kondisi optimum penyerapan fenol oleh komposit ZnO/KA ditentukan melalui variasi kondisi pH, konsentrasi, berat adsorben, dan waktu kontak yang dianalisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*.

Hasil karakterisasi menggunakan FTIR untuk komposit ZnO/KA ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 414,05 cm⁻¹ dan 443,79 cm⁻¹ (vibrasi ulur Zn-O), puncak serapan 1032,56 cm⁻¹ (C-O alifatik), pita serapan pada daerah 1541,18 cm⁻¹ (regangan C-C alifatik), serapan pada bilangan gelombang 1697,67 cm⁻¹ (C-O karbonil), dan daerah serapan 3610,04 cm⁻¹ ; 3648,36 cm⁻¹ ; 3671,19 cm⁻¹ (stretching O-H). Karakterisasi menggunakan SEM-EDX memberikan hasil bahwa komposit ZnO/KA memiliki morfologi volume pori yang besar dan dalam, dengan kandungan dominan berupa unsur C sebesar 53,69% dan unsur Zn sebanyak 27,73%. Karakterisasi dengan XRD memberikan hasil bahwa pada sudut 2θ 8,307° dan 23,596° menandakan karbon aktif dan puncak spesifik pada sudut 2θ 31,798° ; 34,444° dan 36,326° mencirikan kristal ZnO berbentuk wurzite. Hasil karakterisasi SAA, luas permukaan yang diperoleh sebesar 76,2215 m²/g, dengan volume pori sebesar 0,0497816 cc/g, dan ukuran pori adsorpsi yang terbentuk sebesar 1,63465 nm. Kondisi optimum untuk penyerapan fenol oleh komposit ZnO/KA diperoleh pada kondisi pH 2, dengan konsentrasi fenol 150 ppm, menggunakan adsorben sebanyak 2 gram, dan waktu kontak selama 60 menit. Model adsorpsi pada penelitian ini dapat terjadi secara Langmuir maupun Freundlich. Kinetika adsorpsi menunjukkan hasil bahwa dalam penelitian ini mengikuti orde dua.

Kata Kunci : Komposit, ZnO/KA, Metode Hidrotermal, Adsorpsi, Fenol

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF ZnO/ACTIVATED
CARBON FROM OIL PALM SHELL ACTIVATED WITH ZnCl₂
USING HYDROTHERMAL METHOD
FOR PHENOL ADSORPTION**

ULUL SUGESTI
NIM 14612195

ABSTRACTS

Composite ZnO / KA has been successfully made as an adsorbent to absorb phenol. The study was conducted on a laboratory scale. Preparation of ZnO / KA composites was performed by mixing activated activated carbon ZnCl₂ 40% and ZnO with a ratio of 10: 1 which was processed using hydrothermal method at 250 °C for 2.5 hours. ZnO / KA composites was characterized using FTIR, SEM-EDX, XRD, and SAA. The optimum condition of phenol adsorption by ZnO / KA composite was determined by variation of pH conditions, concentration, adsorbent weight, and contact time analyzed using UV-Visible Spectrophotometer.

The characterization results using FTIR for ZnO / KA composite were indicated by absorption at wave numbers 414,05 cm⁻¹ and 443,79 cm⁻¹ (vibration of Zn-O), 1032,56 cm⁻¹ (C-O aliphatic) absorption bands at 1541,18 cm⁻¹ (aliphatic C-C strain), absorption at wave numbers 1697.67 cm⁻¹ (C-O carbonyl), and an absorption area of 3610.04 cm⁻¹; 3648,36 cm⁻¹; 3671,19 cm⁻¹ (stretching O-H). Characterization using SEM-EDX gave the result that ZnO/KA composite has large and deep pore volume morphology, with the dominant content of C element 53,69% and Zn element 27,73%. Characterization with XRD results that at an angle of 2θ 8,307 ° and 23,596 ° indicates activated carbon and a specific peak at an angle of 2θ 31.798° ; 34,444° ; 36,326° characterize the wurzite-shaped ZnO crystals. For SAA characterization results, the surface area obtained was 76.2215 m²/g, with a pore volume of 0.0497816 cc/g, and a pore size of adsorption formed of 1.63465 nm. The optimum condition for phenol adsorption by ZnO/KA composite was obtained at pH 2 condition, with phenol concentration of 150 ppm, using 2 gram of adsorbent, and contact time for 60 min. The adsorption model in this study can occur either in Langmuir or Freundlich model. From the adsorption kinetics showed the result in this study followed the order of two.

Keywords: Composite, ZnO/KA, Hydrothermal Method, Adsorption, Phenol

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
INTISARI.....	ix
ABSTRACTS.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Karbon Aktif.....	5
2.2 Aktivasi.....	7
2.3 ZnO (<i>Zinc Oxide</i>).....	8
2.4 Komposit.. ..	9
2.5 Metode Hidrotermal.....	11
2.6 Teknik Karakterisasi Komposit KA/ZnO.	11
2.6.1 <i>Fourier transform infra red (FTIR)</i>	11
2.6.2 <i>Scanning electron microscopy-energy dispersive x-ray</i>	

(SEM-EDX)	12
2.6.3 <i>X-ray diffraction (XRD)</i>	14
2.6.4 <i>Surface area analyzer (SAA)</i>	15
2.7 Adsorpsi.....	17
2.8 Fenol	19
2.9 Spektrofotometer <i>UV-Visible</i>	20
2.10 Isoterm Adsorpsi	21
2.11 Kinetika Adsorpsi	25
BAB III TINJAUAN PUSTAKA	
3.1 Modifikasi Karbon Aktif dengan ZnO.....	28
3.2 Penjerapan Fenol.....	31
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN	
4.1 Alat dan Bahan	33
4.4.1 Alat	33
4.4.2 Bahan	34
4.2 Preparasi Sampel	34
4.2.1 Aktivasi karbon aktif	34
4.2.2 Preparasi ZnO	35
4.3 Cara Kerja Penelitian	35
4.3.1 Pembuatan komposit ZnO/KA	35
4.3.2 Karakterisasi komposit ZnO/KA	35
4.3.2.1 <i>Fourier transform infra red (FTIR)</i>	35
4.3.2.2 <i>Scanning electron microscopy-energy dispersive</i> <i>x-ray (SEM-EDX)</i>	36
4.3.2.3 <i>X-ray diffraction (XRD)</i>	36
4.3.2.4 <i>Surface area analyzer (SAA)</i>	36
4.3.3 Aplikasi komposit ZnO/KA sebagai adsorben	37

4.3.3.1 Pembuatan larutan induk fenol 1000 ppm.....	37
4.3.3.2 Pembuatan larutan standar fenol 20 , 40, 60, 80, dan 100 ppm.....	37
4.3.3.3 Penentuan pH optimum penjerapan fenol.....	37
4.3.3.4 Penentuan konsentrasi optimum penjerapan fenol...	38
4.3.3.5 Penentuan berat optimum penjerapan.....	39
4.3.3.6 Penentuan waktu kontak optimum penjerapan fenol.	39
4.3.3.7 Penentuan model isoterm adsorpsi.....	40
4.3.3.8 Penentuan kinetika adsorpsi	41
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	
5.1 Pembuatan Komposit KA/ZnO.....	42
5.2 Analisis Gugus Fungsi Komposit KA/ZnO dengan FTIR.....	47
5.3 Analisis Struktur Morfologi Komposit KA/ZnO dengan SEM- EDX	50
5.4 Analisis Fasa Komposit KA/ZnO dengan XRD	54
5.5 Analisis Luas Permukaan Komposit KA/ZnO dengan SAA	57
5.6 Analisis Penjerapan Fenol dengan Spektrofotometer <i>UV-Visible</i> ..	59
5.6.1 pH optimum penjerapan fenol.....	59
5.6.2 Konsentrasi optimum penjerapan fenol.....	61
5.6.3 Berat optimum penjerapan fenol.....	65
5.6.4 Waktu kontak optimum penjerapan fenol.....	67
5.7 Isoterm Adsorpsi.....	70
5.8 Kinetika Adsorpsi.....	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan	78
6.2 Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	80

LAMPIRAN	89
----------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Karbon aktif tempurung kelapa sawit.....	5
Gambar 2. <i>Zinc oxide</i> (ZnO).....	9
Gambar 3. Cara kerja FTIR.....	12
Gambar 4. Mekanisme kerja SEM.....	13
Gambar 5. Skematik dasar perhitungan bragg.....	15
Gambar 6. Skema instrumen SAA.....	16
Gambar 7. Proses adsorpsi.....	18
Gambar 8. Struktur fenol.....	19
Gambar 9. Skema alat spektrofotometer <i>UV-Vis</i>	21
Gambar 10. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir.....	22
Gambar 11. Kurva isoterm adsorpsi Freundlich.....	23
Gambar 12. Klasifikasi kurva isoterm adsorpsi-desorpsi.....	24
Gambar 13. Proses aktivasi menggunakan larutan $ZnCl_2$ 40%.....	42
Gambar 14. Proses pencucian menggunakan akuades panas.....	43
Gambar 15. Karbon aktif terkativasi $ZnCl_2$ 40%.....	44
Gambar 16. Reaktor hidrotermal.....	46
Gambar 17. Proses pencucian komposit ZnO/KA menggunakan akuades	46
Gambar 18. Komposit ZnO/KA setelah pengovenan.....	47
Gambar 19. Spektrum hasil FTIR	48
Gambar 20. Morfologi karbon aktif.....	50
Gambar 21. Hasil analisis EDX karbon aktif.....	51
Gambar 22. Morfologi komposit ZnO/KA.....	52
Gambar 24. Hasil analisis EDX komposit ZnO/KA.....	53
Gambar 24. Difraktogram karbon aktif	55
Gambar 25. Difraktogram ZnO/KA.....	56
Gambar 26. Grafik isoterm adsorpsi.....	58

Gambar 27. Kurva penentuan pH optimum fenol.....	60
Gambar 28. Reaksi fenol dalam air.....	61
Gambar 29. Kurva penentuan konsentrasi optimum fenol.....	63
Gambar 30. Kurva penentuan berat adsorben optimum fenol.....	66
Gambar 31. Kurva penentuan waktu kontak optimum fenol.....	69
Gambar 32. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir fenol.....	71
Gambar 33. Kurva isoterm adsorpsi Freundlich fenol.....	72
Gambar 34. Kurva kinetika adsorpsi orde satu semu.....	75
Gambar 35. Kurva kinetika adsorpsi orde dua semu.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data hasil analisis FTIR.....	49
Tabel 2. Data hasil karakterisasi SAA.....	57
Tabel 3. Data hasil perhitungan isoterm adsorpsi.....	72
Tabel 4. Data hasil perhitungan kinetika adsorpsi.....	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir penelitian.....	89
Lampiran 2. Dokumentasi penelitian.....	90
Lampiran 3. Perhitungan.....	93
Lampiran 4. Analisis data.....	96
Lampiran 5. Isoterm adsorpsi.....	97
Lampiran 6. Kinetika adsorpsi.....	99
Lampiran 7. Hasil karakterisasi.....	100

BAB I

PENDAHULUAN

I. Latar Belakang

Industri mempunyai pengaruh besar kepada lingkungan, karena mengubah hasil alam menjadi produk baru dan menghasilkan limbah produksi yang mencemari lingkungan (Setyaningsih, 2008). Limbah cair, padat, maupun sludge yang dihasilkan dari industri diketahui berbahaya bagi lingkungan air jika tidak diberi perlakuan khusus sebelum dibuang, karena mengandung beberapa racun dan senyawa kimia yang sangat berbahaya. Salah satunya yaitu limbah fenol dan sejenisnya. Limbah fenol berbahaya karena bila mencemari perairan dapat membuat bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat mengakibatkan kematian organisme di perairan tersebut (Slamet dkk., 2005). Oleh karena itu, perlu dilakukannya penanganan cemaran fenol terhadap lingkungan.

Salah satu penanganan untuk menurunkan kandungan senyawa fenolik seperti fenol, yaitu dengan metode adsorpsi menggunakan adsorben karbon aktif. Karbon aktif merupakan bahan hasil pirolisis arang pada suhu 600-900 °C. Bentuk dominannya yaitu karbon amorf, dimana karbon jenis ini mempunyai volume pori dan luas permukaan yang luar biasa besar. Karakteristik yang unik tersebut berkaitan dengan sifat daya serapnya yang dapat dimanfaatkan dalam proses adsorpsi untuk berbagai aplikasi fase cair maupun fase gas (Amelia dkk., 2013).

Dalam memaksimalkan proses adsorpsi yang dilakukan, penyesuaian, salah satunya dengan cara menambahkan logam oksida dalam karbon aktif (Marshall

dan Mitchell, 1996) yang bertujuan untuk meningkatkan volume pori dan luas permukaan adsorben tersebut, sehingga mampu memiliki daya adsorpsi yang baik (Jing dkk., 2012). ZnO merupakan salah satu semikonduktor anorganik yang tidak bersifat toksik dan dapat memberikan mobilitas tinggi serta stabilitas termal yang baik. ZnO memiliki jarak pita 3,37 eV dengan energi ikatan 60 meV pada suhu ruang dengan struktur yang stabil yaitu *wurtzite* (Han dkk., 2010). Salah satu penanganan alternatif untuk fenol yaitu dengan proses fotokatalisis, dimana bahan semikonduktor seperti seng oksida (ZnO) diperkirakan sangat mudah dalam menghasilkan pasangan elektron dan hole pada permukaan katalis semikonduktor ketika diinduksi oleh energi foton yang sesuai. Elektron kemudian tereksitasi hingga sampai kepermukaan katalis sehingga mampu untuk mereduksi logam berat. Untuk *hole* yang terbentuk, mampu menghasilkan radikal $\bullet\text{OH}$ yang akan mampu menjerap limbah organik seperti fenol (Slamet dkk., 2005).

Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan komposit ZnO/Karbon Aktif tempurung kelapa sawit sebagai adsorben fenol dengan metode hidrotermal, yang mana melibatkan pemanasan reaktan dalam wadah tertutup menggunakan air. Metode hidrotermal ini diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif dalam sintesis komposit katalis ZnO/Karbon Aktif tempurung kelapa sawit. ZnO dikombinasi dengan Karbon Aktif tempurung kelapa sawit dimaksudkan supaya material dari masing-masing bahan berperan saling melengkapi yang nantinya dapat meningkatkan luas permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan aktivitas adsorben tersebut karena banyaknya sisi-sisi aktif yang terbentuk. Komposit ZnO/Karbon Aktif tempurung kelapa sawit dikarakterisasi

menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*), XRD (*X-Ray Diffraction*), SAA (*Surface Area Analyzer*), untuk mengetahui luas permukaan dan struktur pori yang terbentuk, serta dilakukan uji aktivitas adsorpsinya yang diaplikasikan untuk menyerap fenol menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*.

II. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara metode hidrotermal dapat membuat komposit ZnO/KA yang digunakan sebagai adsorben?
2. Bagaimana kriteria dan kemampuan komposit ZnO/KA sebagai adsorben dalam proses mengurangi tingkat pencemaran fenol?
3. Bagaimana efektifitas komposit ZnO/KA dalam reaksi adsorpsi dengan variasi pH, waktu kontak, konsentrasi dan berat komposit terhadap fenol?

III. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Membuat komposit ZnO/KA sebagai adsorben pada proses pencegahan pencemaran fenol
2. Mengetahui sifat-sifat komposit ZnO/KA sebagai adsorben
3. Mengetahui efektifitas dan kondisi optimum komposit ZnO/KA dalam proses penyerapan fenol

IV. Manfaat

Berdasarkan penelitian ini, diharapkan dapat memberikan alternatif metode baru dalam sintesis komposit ZnO/Karbon Aktif tempurung kelapa sawit teraktivasi ZnCl_2 yang diaplikasikan sebagai adsorben untuk menyerap senyawa fenol.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah suatu bentuk padatan berpori yang mengandung unsur C (karbon) 85%-95% (Krik-Othmer, 1992). Karbon aktif dapat dibuat dari beberapa bahan baku, diantaranya kayu, tempurung kelapa, limbah batu bara, limbah pengolahan kayu, limbah pertanian seperti kulit buah kopi, kulit buah coklat, sekam padi, tongkol, dan pelepah jagung (Asano dkk., 1999).



Gambar 1. Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit (Purwanto, 2011)

Karbon aktif berbentuk arang yang dapat diperoleh melalui aktivasi menggunakan gas CO_2 , uap air, ataupun bahan-bahan kimia untuk membuka pori-porinya sehingga mampu meningkatkan daya adsorpsinya. Kandungan yang biasanya ada dalam karbon aktif, yaitu 5-15% air, 2-3% abu, dan sisanya terdiri dari karbon (Wijaja, 2009).

Komposisi dari karbon aktif terdiri dari selulosa, karbon, kadar air, dan kadar debu. Selulosa dari karbon ini difungsikan sebagai pembersih partikel

dalam air keruh. Hal tersebut karena selulosa bersifat keras dan tidak mudah larut dalam air, sehingga air dapat menjadi jernih (Azamia, 2012).

Karbon aktif yang baik memiliki luas permukaan yang besar. yaitu berkisar antara 300 – 3500 m²/gram. Hal tersebut karena luas permukaan karbon aktif ini berhubungan dengan struktur pori internal yang menyebabkan karbon aktif tersebut mampu mempunyai sifat sebagai adsorben (Byrne and Marsh, 1995).

Luas permukaan juga memberikan informasi mengenai jumlah pori-pori dalam karbon aktif yang digunakan untuk mengadsorpsi zat (Siregar, 2009). Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemical*), porositas klasifikasi pori dibagi menjadi 3, yaitu : mikropori yang memiliki diameter pori < 2 nm, mesopori memiliki diameter pori antara 2 – 50 nm, dan makropori memiliki diameter pori > 50 nm (Rahmayani, 2013).

Kemampuan karbon aktif dalam mengadsorpsi adsorbat selain dari luas permukaan juga ditentukan oleh struktur kimianya yaitu atom C, H, dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsional. Dari adanya gugus fungsi tersebut, permukaan pada karbon aktif menjadi lebih reaktif secara kimiawi, sehingga dapat mempengaruhi sifatnya dalam mengadsorpsi (Pujiyanto, 2010).

Karbon aktif biasa digunakan dalam industri pengolahan air limbah untuk menghilangkan warna, bau, dan polusi zat-zat organik (Abassi dan Streat, 1994). Karbon aktif juga dapat digunakan pada pemisahan kontaminan zat-zat anorganik (Ismandiji dan Bhatia, 2001). Dalam pengolahan air, karbon aktif difungsikan sebagai adsorben untuk menyisihkan rasa, bau, dan warna akibat dari kandungan bahan organik di dalam air. Kontaminan yang ada dalam air mampu terjepit

karena adanya tarikan yang lebih kuat dari permukaan karbon aktif dibandingkan dengan kemampuan larutan dalam menahan zat yang ada di dalamnya. Sehingga kontaminan tersebut berhasil masuk ke dalam pori karbon aktif dan terakumulasi di dalamnya dengan syarat bahwa ukuran pori dari kontaminan tersebut tidak lebih besar dari ukuran pori karbon aktif (Juliandini, Frianita, 2008).

2.2 Aktivasi

Aktivasi merupakan salah satu proses yang biasanya dilakukan dalam proses pembuatan karbon aktif. Aktivasi bertujuan untuk menambah dan mengembangkan volume pori, serta memperbesar diameter pori. Melalui proses aktivasi, biasanya arang akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat (Budiono dkk., 2009).

Aktivator mampu meningkatkan kemampuan daya serap adsorben dilihat melalui mekanisme berikut ini.

1. Aktivator menembus pori-pori diantara pelat-pelat kristalin karbon pada karbon aktif yang berbentuk heksagonal dan menyebar ke dalam pori-pori atau celah tersebut sehingga terjadi pengikisan pada permukaan kristalit karbon.
2. Selanjutnya menurut teori interkalasi, struktur dari suatu komposisi senyawa akan mengalami modifikasi jika disisipi ion atau atom lain ke dalam struktur tersebut. Pada saat proses aktivasi ini, ion atau atom yang disisipkan adalah aktivator.
3. Aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika. Aktivasi fisika menggunakan gas inert seperti uap air, CO₂, N₂. Sedangkan untuk aktivasi secara kimia menggunakan bahan kimia sebagai aktivator guna meningkatkan luas

permukaan adsorben tersebut dengan cara mengusir senyawa non karbon dari pori-pori tersebut (Serrano dkk., 1996).

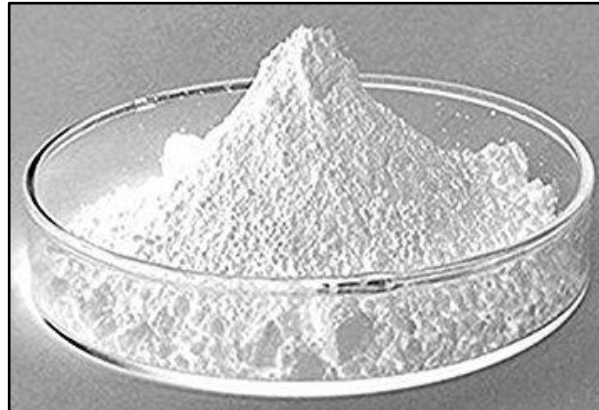
Menurut Elly (2008), ada dua cara aktivasi, yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika menggunakan panas, uap, dan CO_2 dengan suhu tinggi dalam sistem tertutup tanpa udara sambil dialiri gas inert. Sedangkan untuk aktivasi kimia, diunkan bahan kimia sebagai agen pengaktivasi yaitu dengan cara merendam arang kedalam larutan kimia seperti H_3PO_4 (Haimour dan Emeish, 2006), H_2SO_4 (Martin dkk., 2003 ; Prabarini dan Okayadnya, 2014), NaOH (Rahim dan Octania, 2010), ZnCl_2 (Tay dkk., 2001) dalam suasana inert.

Dari kedua jenis aktivasi tersebut, Suhendra dan Gunawan (2010) mengemukakan bahwa aktivasi kimia lebih memiliki keunggulan dibandingkan aktivasi fisika, diantaranya yaitu :

1. Pada proses aktivasi kimia, suhu yang digunakan umumnya lebih rendah dibandingkan suhu pada aktivasi fisika
2. Efek *dehydrating agent* dalam aktivasi kimia mampu memperbaiki pengembangan pori dalam struktur karbon
3. Produk yang dihasilkan dari aktivasi kimia lebih banyak dari pada produk yang dihasilkan dari aktivasi fisika

2.3 Zinc Oxide (ZnO)

Seng Oksida (ZnO) merupakan bahan metal oksida yang biasanya terlihat berwarna putih dan tidak larut dalam air dan alkohol (Panwar, 2009 dan Behera, 2009).



Gambar 2. *Zinc Oxide (ZnO)*

Bahan tersebut mempunyai beberapa sifat unggul (elektronik, termal, dan optik) dibandingkan bahan metal oksida lainnya seperti lebar direct band gap sebesar 3,32 eV (bulk ZnO) pada temperatur ruang, semikonduktor tipe-n (tanpa doping), besar excitation binding energy yang cukup tinggi (60 meV), melting point yang tinggi pada temperatur 1975°C (2248K), optical transmittance (>80%, $n = 2,008$) pada daerah cahaya tampak, konduktivitas termal pada temperatur ruang sebesar 37 W/mK dan tidak beracun (Panwar, 2009). Material ZnO banyak dikembangkan untuk evaluasi sifat listrik, sifat fisis, struktur kristal dan struktur mikro (Nugroho, 2004). ZnO juga banyak digunakan sebagai aditif ke dalam berbagai bahan dan produk termasuk plastik, keramik, kaca, semen, karet (contohnya ban mobil), pelumas (Hernandezbattez dkk., 2008).

2.4 Komposit

Komposit merupakan kombinasi yang tersusun atas dua atau lebih dari tiga bahan. Bahan penyusun dari komposit memiliki sifat masing-masing yang berbeda, dan ketika digabungkan dalam komposisi tertentu akan terbentuk sifat-sifat baru yang disesuaikan dengan keinginan (Krevelen, 1994). Komposit tersusun dari gabungan antara bahan penguat (*reinforcement*) dan bahan pengikat

(matriks) (Mehta, 1986). Bahan penguat merupakan komponen dalam komposit yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh matriks. Sedangkan matriks merupakan bagian dari komposit yang mengelilingi partikel penyusun komposit, matriks berfungsi sebagai bahan pengikat partikel dan ikut membentuk struktur fisik komposit. Oleh karena matriks tersebut bergabung bersama dengan bahan penyusun lainnya, maka secara tidak langsung akan mempengaruhi sifat-sifat fisis dari komposit yang dihasilkan. (Arnold dkk., 1992).

Keunggulan dari komposit dibandingkan material konvensional lainnya, yaitu memiliki kekuatan yang dapat diatur, berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi, dan tahan keausan (Bishop dan Smallman, 2000).

2.5 Metode Hidrotermal

Sintesis dengan metode hidrotermal melibatkan penggunaan air pada suhu dan tekanan tinggi, yang bertujuan untuk merubah stuktur kristal dan juga membentuk material berpori. Metode hidrotermal ini didasarkan pada penggunaan tekanan uap dan suhu diatas titik didih normal. Hal tersebut bertujuan untuk mempercepat reaksi yang terjadi antar zat padat (West,1984).

Pertumbuhan kristal dengan metode hidrotermal terjadi dalam sebuah alat yang terbuat dari tabung baja yang disebut *autoclave*. Umumnya reaktor hidrotermal berbentuk tabung silinder berdinding tebal yang memiliki *hermetic seal*, yang bertujuan agar tahan terhadap suhu tinggi dan tekanan dalam periode tertentu. Sifat *autoclave* harus *inert* terhadap larutan. Hal tersebut untuk

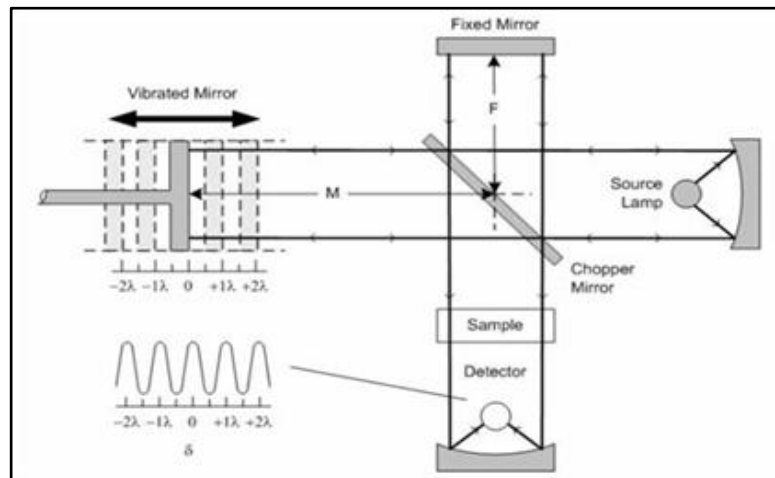
mencegah terjadinya reaksi antara dinding dan bagian yang dimasukkan ke dalamnya. Selain itu perlu diperhatikan apabila zat yang dimasukkan bersifat korosif. Pencegahannya yaitu, pada *autoclave* diberi *protective insert*. Bagian ini dapat terbuat dari tembaga, emas, perak, titanium, kaca, kuarsa, atau teflon, bergantung pada temperatur yang akan digunakan (Akhmad dkk., 2004)

Keuntungan metode hidrotermal dibandingkan dengan metode lainnya, antara lain menghemat energi, proses sederhana, bebas polusi (karena dilakukan pada sistem tertutup), biayanya cukup efisien, tingkat dispersi lebih tinggi, dan temperatur operasi yang lebih rendah dengan pelarut yang tepat, serta kemudahan dalam mengontrol bentuk (Pujianto, 2009). Selanjutnya material hasil sintesis melalui metode hidrotermal juga lebih homogen karena prosesnya terjadi secara perlahan (Yanagisawa & Ovenstone, 1999).

2.6 Teknik Karakterisasi Komposit ZnO/KA

2.6.1 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Spektroskopi infra merah atau FTIR merupakan satu diantara banyak instrumen digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsional dari suatu sampel (Sastrohamidjodjo, 2001). Spektrum serapan dari FTIR bersifat khas, dimana setiap senyawa akan mempunyai spektrum yang berbeda-beda. Spektrum serapan infra merah mengandung banyak serapan, dimana hak ini berhubungan dengan sistem vibrasi yang berinteraksi dalam molekul sehingga setiap molekul memiliki karakteristik yang unik (Sastrohamidjodjo, 1991).



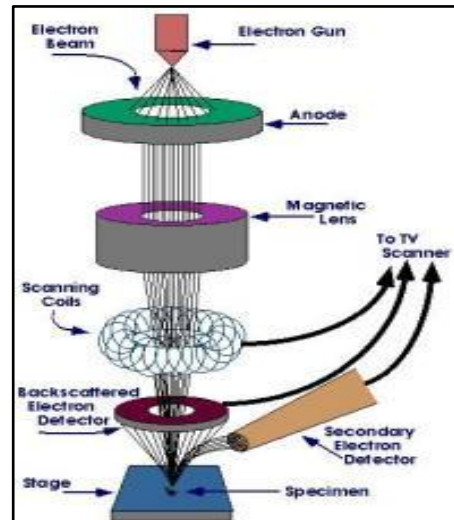
Gambar 3. Cara Kerja FTIR

Sistem yang digunakan oleh FTIR disebut dengan interferometer, dimana alat ini berfungsi untuk mengumpulkan spektrum. Interferometer terdiri dari sumber radiasi, pemisah berkas, cermin dan detektor. Cara kerja dari FTIR yaitu energi inframerah diemisikan dari sumber bergerak melalui celah sempit untuk mengontrol jumlah energi yang akan diberikan ke sampel. Berkas laser tersebut kemudian memasuki ruang sampel, selanjutnya berkas diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel tergantung dari energinya, yang merupakan karakteristik dari sampel. Berkas akhirnya sampai ke detector (Giwangkara, 2006).

2.6.2 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)

SEM adalah jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan suatu sampel. Kerja dari SEM itu sendiri yaitu, permukaan sampel yang dikenai berkas tersebut memantulkan berkas tersebut kembali atau menghasilkan elektron sekunder. Selanjutnya detektor yang ada didalam SEM kemudian akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan

menentukan lokasi berkas. Area permukaan sampel yang ditembak oleh berkas di-scan ke seluruh area pengamatan. (Abdullah dan Khairurrijal, 2009).



Gambar 4. Mekanisme Kerja SEM

Mekanisme kerja SEM didasarkan pada deteksi elektron sekunder atau *backscattered electron* yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan elektron. Elektron-elektron yang terdeteksi tersebut diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada monitor CRT (*cathode ray tube*). Dari layar CRT tersebut gambar struktur obyek yang sudah diperbesar dapat dilihat. Pada proses operasinya, SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan, sehingga bisa digunakan untuk melihat obyek dari sudut pandang 3 dimensi (Silverstein, 1967).

Instrumen SEM ini memiliki *depth of field* yang besar, dengan begitu maka mampu memfokuskan jumlah sampel yang lebih banyak dan menghasilkan bayangan yang baik dari sampel tiga dimensi. Perbesaran yang dimiliki SEM yaitu 10 – 3.000.000 kali, dengan *depth of field* 4 – 0,4 mm, dan resolusi 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang

baik, maka kemampuan untuk mengetahui komposisi, dan informasi kristalografi membuat instrumen SEM ini banyak digunakan dalam penelitian dan industri (Prasetyo, 2011).

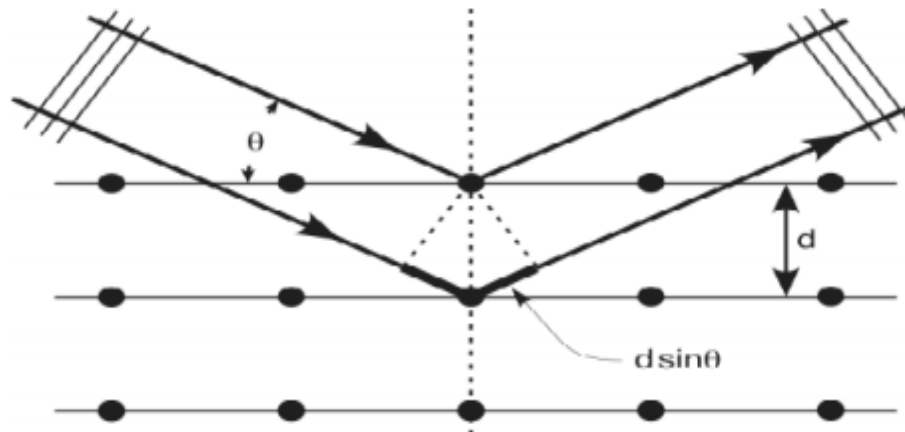
SEM mampu mengamati permukaan sampel baik itu yang logam ataupun yang bukan logam. Profil permukaan yang bukan logam dapat diamati menggunakan SEM, akan tetapi harus di beri perlakuan *coating* (dilapisi logam) terlebih dahulu, hal itu berguna untuk memantulkan berkas elektron. Jenis logam pelapis yang biasanya digunakan yaitu emas. Pada saat pengukuran dengan SEM, lokasi permukaan sampel tidak boleh terlalu lama dikenai berkas. Hal tersebut karena elektron yang berenergi tinggi pada berkas dapat mencabut atom-atom di permukaan sampel sehingga dapat menyebabkan permukaan tersebut menjadi cepat rusak. Film tipis di permukaan sampel tersebut akan menguap, kembali menjadi isoator. Akibatnya bayangan akan terekam tiba-tiba menjadi hitam (Mikrajuddin dan Khairurrijal, 2009).

Instrumen SEM biasanya dilengkapi dengan EDX (Electron Dispersive X-Ray) sehingga dapat mendeteksi unsur-unsur dalam material. EDX digunakan untuk analisis kuantitatif maupun kualitatif unsur yang terkandung dalam sampel (Masuda dan Kato, 2008).

2.6.3 X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi menggunakan instrumen XRD merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta digunakan untuk mendapatkan ukuran partikel (Suharyana, 2012). Instrumen XRD juga mampu digunakan untuk

mengetahui komposisi fasa-fasa baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Cullity and Stock, 2001).



Gambar 5. Skematik Dasar Perhitungan Bragg

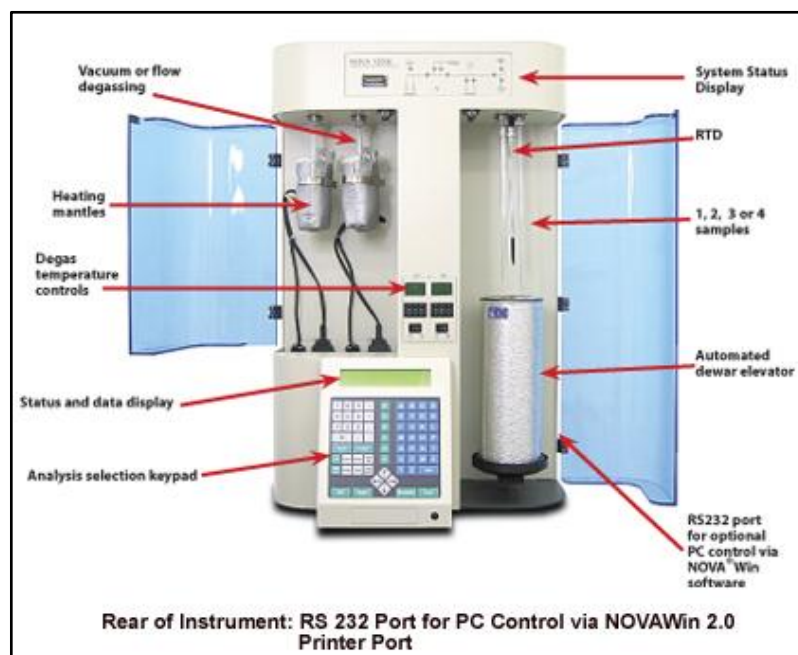
Berdasarkan persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X di jatuhkan pada sampel kristal, maka bidang kristal itu akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan akan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, maka semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Setiap puncak yang muncul pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan dari data pengukuran ini kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X untuk hampir semua jenis material (Cullity, 1978).

2.6.4 Surface Area Analyzer (SAA)

Surface Area Analyzer (SAA) merupakan salah satu instrumen yang digunakan dalam karakterisasi material, dimana hanya memerlukan sampel dalam

jumlah yang kecil biasanya berkisar 0,1 gram. Alat ini khususnya digunakan untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material isotherm adsorpsi suatu gas pada suatu bahan. Luas permukaan didefinisikan sebagai luasan yang ditempati satu molekul adsorbat/zat terlarut yang merupakan fungsi langsung dari luas permukaan sampel. Sehingga dapat dikatakan bahwa luas permukaan merupakan jumlah pori pada setiap satuan luas dari sampel. Luas permukaan ini dipengaruhi oleh ukuran partikel/pori, bentuk pori dan susunan pori dalam partikel (Martin, 1993).

Dalam SAA dikenal istilah *degassing*, dimana *degassing* yang dilakukan ini bertujuan untuk menghilangkan gas-gas yang terperap pada permukaan padatan yaitu dengan cara memanaskan dalam kondisi vakum. Proses ini biasanya dilakukan selama lebih dari 6 jam pada suhu berkisar antara 200-300 °C (Sari, 2014).



Gambar 6. Skema instrumen SAA

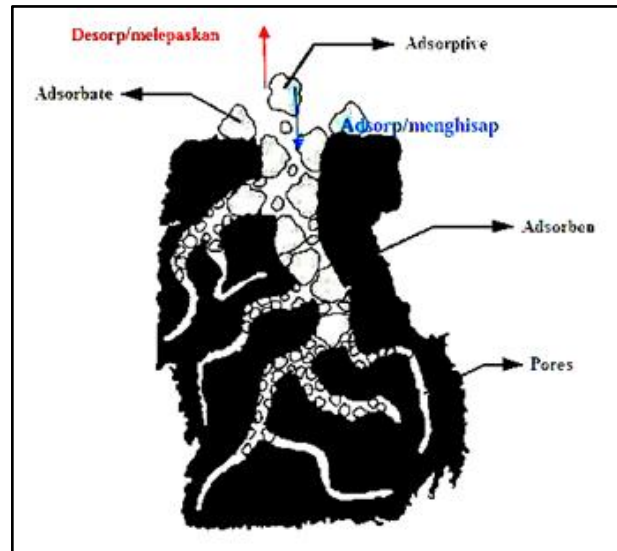
Prinsip kerja dari instrumen SAA menggunakan mekanisme adsorpsi gas (nitrogen, argon dan helium) terhadap permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada suhu konstan (biasanya suhu didih dari gas tersebut). Data hasil yang diperoleh didasarkan pada pengukuran jumlah gas yang dapat dijerap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu (Busca, 2014).

2.7 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa yang terjadi akibat menempelnya atom atau molekul dari suatu zat (adsorbat) pada permukaan zat lain (adsorben), karena adanya ketidakseimbangan gaya yang terjadi dalam permukaan (Atkins, 1997). Adsorpsi disebabkan oleh gaya tarik molekul-molekul yang terjadi di permukaan adsorben, sedangkan absorpsi dapat menyebabkan zat yang diserap masuk ke dalam adsorben (Sukardjo, 1985).

Ada dua jenis adsorpsi, yaitu adsorpsi kimia dan adsorpsi fisika (Sukardjo, 1985). Pada adsorpsi secara kimia, ikatan yang terjadi yaitu ikatan kimia yang kuat dan sifatnya tidak dapat balik (*irreversible*). Hal tersebut karena pada pembentukannya diperlukan energi pengaktifan sehingga untuk melepaskannya juga dibutuhkan energi yang besarnya relatif sama dengan energi pembentukannya. Sedangkan pada adsorpsi secara fisika, dipengaruhi karena adanya perbedaan energi atau gaya tarik menarik elektrik (gaya Van Der Waals) yang menyebabkan molekul-molekul adsorbat secara fisik terikat pada molekul adsorben. Adsorpsi fisika sifatnya dapat balik (*reversible*), hal tersebut menjelaskan bahwa atom-atom atau ion-ion yang terikat dapat dilepaskan kembali

dengan bantuan pelarut tertentu yang sesuai dengan sifat ion yang diikat (Rumidatul, 2006).



Gambar 7. Proses Adsorpsi

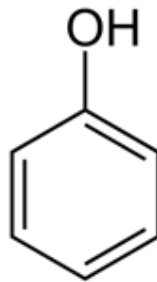
Penggambaran terjadinya adsorpsi yaitu proses dimana ketika molekul meninggalkan larutan dan selanjutnya molekul tersebut menempel ke permukaan zat penyerap (adsorben) yang terjadi akibat ikatan fisika dan kimia (Sawyer dkk., 1994 dalam Slamet dan Masduqi, 2000). Menurut Fatmawati (2006), interaksi yang terjadi dalam proses adsorpsi yaitu antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi di permukaan adsorben, sehingga adsorben yang memiliki luas permukaan yang semakin besar maka zat yang teradsorpsi pun semakin banyak.

Daya adsorpsi suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain yaitu sifat adsorben, sifat adsorbat, waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat, pH, dan suhu (Ardiana, 2006). Sifat adsorben meliputi sifat fisik dan kimia adsorben seperti luas permukaan, ukuran partikel, komposisi kimia, sehingga kecil ukuran partikel maka semakin besar luas permukaan padatan per satuan volume tertentu sehingga akan semakin banyak zat yang diadsorpsi.

Sedangkan sifat adsorbat meliputi sifat fisik dan kimia adsorbat misalnya ukuran molekul, komposisi kimia, dan konsentrasi adsorbat dalam fase cair (Atkins, 1999).

2.8 Fenol

Fenol merupakan salah satu limbah cair yang dihasilkan dari berbagai industri, diantaranya industri tekstil, obat, perekat (Wirawan, 2012). Senyawa organik fenol juga banyak ditemukan dalam industri migas, kayu lapis, farmasi, cat, keramik, plastik, batubara, pabrik kimia, pabrik resin dan limbah cair rumah sakit (Perdana Ginting, 2007).



Gambar 8. Struktur fenol

Senyawa ini memiliki tampilan berupa kristal putih yang sifatnya larut dalam air pada temperatur kamar (Wirawan, 2012). Fenol (C_6H_5-OH) yang merupakan monohidroksida turunan benzen ini karena bersifat anionik di dalam larutan air maka dapat menyebabkan pencemaran akibat keberadaan fenol tersebut dalam air. Sehingga jika air tersebut dikonsumsi, maka fenol dapat terakumulasi didalam tubuh dan bersifat racun. Selain itu fenol juga dapat terdegradasi menjadi senyawa lain yang bahkan lebih reaktif (Rahmi, 2007).

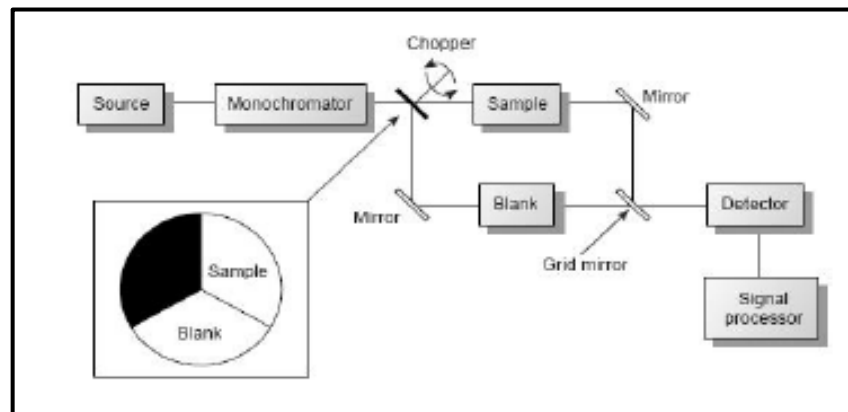
Limbah fenol termasuk limbah yang berbahaya, hal tersebut karena fenol memiliki sifat beracun dan korosif. Perairan yang tercemar fenol akan

menimbulkan rasa dan bau tidak sedap, serta pada nilai konsentrasi tertentu dapat menyebabkan kematian organisme di perairan tersebut (Hamamah dan Trihadiningrum, 2008). Cemaran fenol juga memberi dampak buruk jika bagi manusia, diantaranya jika terhirup dapat mengganggu pernapasan, fenol yang kontak dengan mata dapat menyebabkan iritasi, dan jika kontak dengan kulit dapat menyebabkan kulit melepuh serta sangat beracun jika tertelan (Mukaromah, 2004). Dampak buruk lainnya yaitu jika tertelan dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia seperti gangguan pada otak, paru-paru, ginjal, dan limpa, serta dapat menyebabkan kegagalan sirkulasi darah dan kematian akibat kegagalan pernafasan (Hamamah dan Trihadiningrum, 2008).

Senyawa fenol dikatakan aman untuk lingkungan jika konsentrasinya berkisar antara 1,5-1,0 mg/L sesuai dengan KEP No. 51/MENLH/1995 dan ambang batas fenol dalam air baku air minum adalah 0,002 mg/L seperti dinyatakan oleh BAPEDAL (Slamet dkk., 2005).

2.9 Spektrofotometer *UV-Visible*

Spektrofotometer UV-Vis adalah salah satu dari sekian banyak instrumen yang biasanya digunakan dalam menganalisis suatu senyawa kimi (Sastrohamidjodjo, 2001). Spektrofotometer UV-Vis merupakan pengukuran panjang gelombang dan intensitas sinar ultraviolet dan cahaya tampak yang di absorpsi oleh sampel. Sinar ultraviolet (UV) memiliki panjang gelombang antara 200-400 nm, dan sinar cahaya tampak mempunyai panjang gelombang antara 400-750 nm (Rohman, 2007).



Gambar 9. Skema alat Spektrofotometer *UV-Vis* (Harvey, 2000)

Prinsip kerja instrumen ini yaitu cahaya yang berasal dari lampu deuterium ataupun wolfram yang bersifat polikromatis diteruskan melalui lensa kemudian menuju ke monokromator pada spektrofotometer dan filter cahaya pada fotometer. Monokromator lalu mengubah cahaya polikromatis menjadi cahaya monokromatis (tunggal). Berkas cahaya dengan panjang gelombang tertentu lalu dilewatkan ke sampel. Sehingga ada cahaya yang diserap dan ada cahaya yang dilewatkan. Untuk cahaya yang dilewatkan tersebut diterima oleh detektor, yang kemudian akan dihitung cahaya yang diterima sehingga cahaya yang diserap oleh sampel dapat diketahui. Cahaya yang diserap tersebut sebanding dengan konsentrasi zat yang terkandung dalam sampel, oleh karenanya konsentrasi zat dalam sampel secara kuantitatif dapat diketahui (Khopkar, 1984).

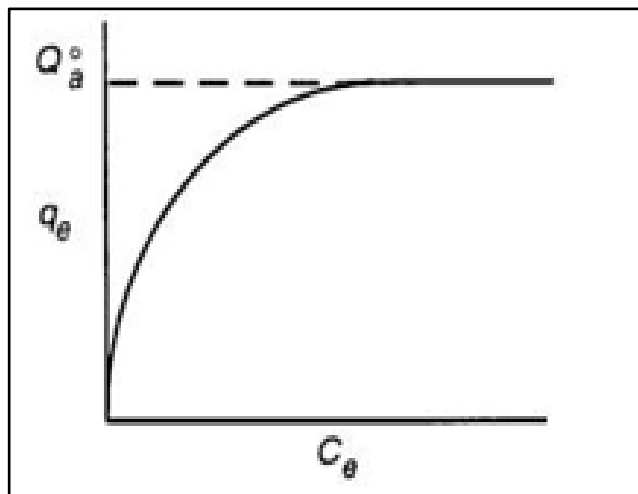
2.10 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi memberikan gambaran hubungan antara zat yang diadsorpsi yang disebut adsorbat oleh media pengadsorpsi atau adsorben, dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap (Barrow, 1988 ; Alberty dan Daniel, 1983). Jenis adsorpsi pada adsorpsi fase

padat cair, umumnya menganut adsorpsi tipe isoterm Langmuir dan Freundlich (Atkins, 1999).

Jika tipe isoterm adsorpsi yang dianut adalah Langmuir, maka adsorpsi berlangsung secara kimisorpsi monolayer. Sedangkan jika tipe adsorpsi yang dianut adalah Freundlich, maka adsorpsi yang terjadi adalah fisisorpsi multilayer (Anggraningrum, 1996).

Berikut adalah kurva adsorpsi isoterm Langmuir yaitu :



Gambar 10. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir (Goldberg, 2007).

Model isoterm adsorpsi Langmuir mendefinisikan kapasitas adsorpsi maksimum itu terjadi dikarenakan adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat pada permukaan adsorben. Situs yang ada pada permukaan semuanya bersifat homogen. Hal tersebut karena masing-masing dari situs aktif hanya mampu mengadsorpsi satu molekul adsorbat (Oscik, 1982). Model isoterm adsorpsi Langmuir berlangsung secara kimisorpsi satu lapis. Kimisorpsi merupakan proses adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang kuat antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat yang dipengaruhi oleh densitas elektron.

Persamaan untuk model isoterm Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut.

$$q_e = \frac{Q_m k_L C_e}{1 + k_L C_e}$$

Dimana :

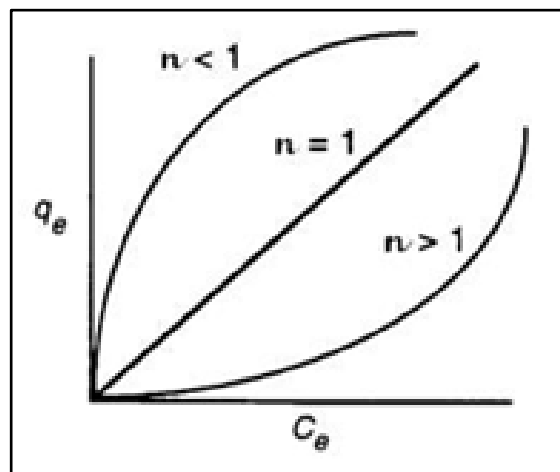
q_e : Jumlah adsorbat yang terserap (mg/g)

C_e : Konsentrasi setimbang adsorbat (mg/L)

Q_m : Konstanta Langmuir berdasarkan kapasitas adsorpsi (mg/g)

k_L : Konstanta Langmuir berdasarkan energi adsorpsi

Selanjutnya gambar berikut ini adalah kurva adsorpsi isoterm Freundlich :



Gambar 11. Kurva isoterm adsorpsi Freundlich

(Singh dan Alloway, 2006).

Model isoterm Freundlich menggambarkan hubungan yang terjadi antara sejumlah komponen yang teradsorp per unit adsorben dan konsentrasi komponen tersebut pada saat kesetimbangan. Pada isoterm Freundlich ini menganggap bahwa semua sisi pada permukaan adsorben akan terjadi proses adsorpsi dibawah kondisi yang diberikan. Dalam isoterm adsorpsi Freundlich ini tidak dapat diperkirakan adanya sisi pada permukaan adsorben yang dapat mencegah adsorpsi

pada saat terjadi kesetimbangan, karena hanya beberapa sisi aktif yang mampu mengadsorpsi molekul terlarut (Jason, 2004 dalam Apriliani, A., 2010).

Persamaan untuk model isoterm Freundlich dituliskan dengan rumus seperti di bawah ini.

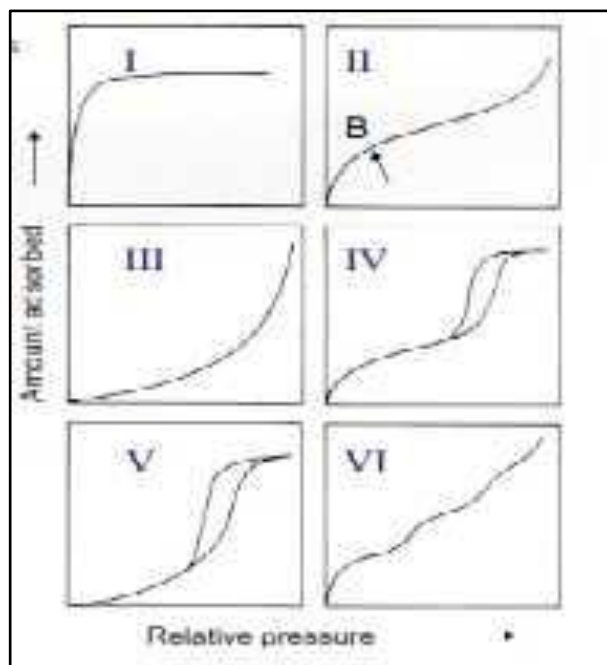
$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana :

- q_e : jumlah adsorbat yang terserap (mg/g)
- C_e : Konsentrasi setimbang adsorbat (mg/L)
- K_f & n : Konstanta empiris

(Supriyanto, 2014)

Proses adsorpsi yang dilakukan oleh suatu adsorben dipengaruhi beberapa faktor dan mempunyai tipe isoterm adsorpsi tertentu yang spesifik. Berikut ini merupakan tipe isoterm adsorpsi.



Gambar 12. Klasifikasi kurva isoterm adsorpsi-desorpsi

Isoterm adsorpsi tipe I dihasilkan dari adsorpsi mikropori. Selanjutnya untuk isoterm adsorpsi tipe II diperoleh dari isoterm adsorpsi padatan non pori atau makropori yang heterogen, dan adsorpsinya bersifat reversibel. Pada tipe adsorpsi III dapat terjadi dikarenakan adanya interaksi antara adsorben dan adsorbat yang sifatnya lemah. Kemudian isoterm adsorpsi tipe IV diketahui mempunyai histeresis loop atau peristiwa dimana kurva proses isoterm adsorpsi dan desorpsinya tidak bertimpit atau dapat dikatakan bahwa sudut kontak antara adsorben dan adsorbat pada proses adsorpsi lebih besar dari pada kontak pada saat proses desorpsi karena jalan isoterm adsorpsi berbeda dengan isoterm desorpsi hingga tekanan relatif P/P_0 mendekati 0,4. Histeresis terjadi karena adanya retakan kapiler pada adsorben dan karakteristik pada material mesopori. Isoterm adsorpsi tipe V tersebut dihasilkan dari interaksi adsorben dengan adsorbat yang lemah, seperti yang terjadi pada tipe III. Jalan isoterm adsorpsinya juga berbeda dengan jalan isoterm desorpsinya, seperti pada tipe I. Pada isoterm adsorpsi tipe VI, karakteristik untuk multilayer adsorpsi pada material non pori yang seragam (Allen, 1997).

2.11 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menggambarkan kecepatan laju proses adsorpsi suatu adsorben terhadap adsorbat. Data kinetika adsorpsi diproses untuk memahami dinamika yang terjadi pada proses adsorpsi berdasarkan kinetika orde satu semu (*Pseudo First Order*) maupun orde dua semu (*Pseudo Second Order*). Kinetika adsorpsi orde satu semu diperoleh dengan memplotkan t vs $\ln(q_e - qt)$. Sedangkan untuk kinetika orde dua semu didapatkan dari kurva hubungan antara t vs t/qt .

Persamaan differensial untuk kinetika orde satu semu (Buhani dkk., 2010), sebagai berikut :

$$\frac{dq_t}{dt} = k (q_e - q_t)$$

Dimana,

q_e = jumlah fenol yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g)

q_t = jumlah fenol yang teradsorpsi pada saat waktu tertentu (mg/g)

t = waktu (menit)

k = tetapan laju orde semu (min^{-1})

Selanjutnya dari hasil integrasi diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$\log \frac{q_e}{q_e - q_t} = \frac{k_1}{2,303} t$$

Sehingga dari persamaan diatas, untuk orde satu semu persamaannya dapat dituliskan seperti rumus di bawah ini.

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} t$$

Sedangkan untuk kinetika orde dua semu, persamaan differensialnya seperti berikut.

$$\frac{dq_t}{dt} = k (q_e - q_t)^2$$

Dimana,

q_e = jumlah fenol yang teradsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g)

q_t = jumlah fenol yang teradsorpsi pada saat waktu tertentu (mg/g)

t = waktu (menit)

k = tetapan laju orde semu (min^{-1})

Kemudian persamaan tersebut di integrasikan sehingga diperoleh rumus seperti di bawah ini.

$$\frac{1}{qe - qt} = \frac{1}{qe} + kt$$

Sehingga didapatkan persamaan untuk kinetika orde dua semuyang dapat ditulus dalam bentuk persamaan berikut ini.

$$\frac{1}{qt} = \frac{1}{k_2qe^2} + \frac{1}{qe}t$$

BAB III

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Modifikasi Karbon Aktif dengan ZnO

Marshall dan Mitchell (1996), menyebutkan bahwa penggunaan adsorben merupakan metode alternatif dalam pengolahan limbah. Metode ini efektif dan murah karena memanfaatkan produk samping perkebunan ataupun pertanian. Salah satunya adalah karbon aktif yang mampu menyerap berbagai tipe zat warna secara efektif (E.Vourdrias dkk., 2002).

Penyerapan secara maksimal kapasitas dari karbon aktif dapat dilakukan dengan modifikasi karbon aktif yaitu dengan menambahkan logam oksida dalam karbon aktif (Marshall dan Mitchell, 1996). Karbon aktif yang telah dimodifikasi mempunyai luas permukaan dan volume pori yang lebih tinggi dibandingkan karbon aktif yang belum dimodifikasi (Jia dan Thomas, 2000). Penambahan logam oksida dalam karbon aktif telah banyak dilakukan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Hidayatulloh dkk (2012), mengkombinasikan fotokatalis ZnO dengan karbon aktif yang digunakan pada proses penjernihan dan proses penghilangan bau busuk air kali Banger. Fotokatalis ZnO/KA mampu menurunkan nilai TDS (*total dissolved solid*) air yang lebih besar dalam penjernihan air kali Banger dibandingkan dengan penjernihan yang hanya menggunakan UV dan UV+KA. Penggunaan fotokatalis ZnO/KA juga telah berhasil mengurangi kadar BOD (*biological oxygen demand*) dan menghilangkan bau busuk akibat pencemar organik pada air kali Banger.

Muchit dkk (2013), mensintesis komposit ZnO/KA untuk fotodegradasi Direct Blue 3R serta fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} secara stimulan dengan variasi pH, konsentrasi, dan waktu. Hasilnya, pH optimum untuk fotodegradasi yaitu pada pH 4 dengan efektivitas 91,92%. Penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi *direct blue* 3R dan secara stimulan dapat mereduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} . Penambahan ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} optimum pada konsentrasi 12 dan 9 ppm dimana menghasilkan fotodegradasi *direct blue* 3R sebesar 93,70% dan 94,70% dengan fotoreduksi ion logam Pb^{2+} dan Cd^{2+} sebesar 87,67% dan 40,67%. Waktu optimum untuk proses fotodegradasi ini adalah 4 jam.

Septiani dkk (2014), memodifikasi karbon aktif dengan semikonduktor ZnO menggunakan metode solid state untuk mendegradasi rhodamin B, dengan memvariasikan penambahan karbon aktif terhadap massa ZnO. Adanya karbon aktif dapat menghalangi terjadinya penumpukan antar sesama partikel ZnO, dimana partikel ZnO menempel dan menyebar ke permukaan karbon aktif. Hasil uji aktivitas katalitik katalis ZnO/KA dengan berbagai variasi, didapatkan semakin meningkatnya jumlah karbon aktif maka kemampuan katalitik ZnO juga meningkat, dapat disimpulkan bahwa karbon aktif membantu meningkatkan peranan ZnO dalam mendegradasi Rhodamin B.

Wismayanti dkk (2015), membuat komposit ZnO/KA sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna metilen biru dengan pembuatan komposit ZnO/KA dengan variasi perbandingan massa ZnO/KA menggunakan metode sol-gel. Penelitian dilakukan dengan menentukan presentase degradasi metilen biru pada

kondisi optimum dengan variasi pH dan variasi konsentrasi metilen biru. Hasil yang diperoleh yaitu komposit ZnO/KA 5 : 1 dengan konsentrasi metilen biru 100 ppm pada pH optimum 11 memberikan presentase degradasi metilen biru tertinggi yaitu sebesar $99,97 \pm 0,02\%$.

Saraswati dkk (2015), melakukan penelitian fotodegradasi zat warna *congo red* dengan fotokatalis ZnO/KA dan sinar Ultraviolet. Dalam penelitian dilakukan penentuan jumlah optimum fotokatalis ZnO/KA dengan variasi konsentrasi, variasi pH optimum, dan variasi waktu radiasi optimum, konstanta laju reaksi (k), dan penentuan efektivitas proses fotodegradasi *congo red*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum proses fotodegradasi *congo red* memerlukan 50 mg fotokatalis ZnO/KA, pH 4, dan waktu radiasi sinar UV selama 5 jam. Konstanta laju fotodegradasi *congo red* tanpa fotokatalis ZnO/KA sebesar $0,0200 \text{ jam}^{-1}$ dan dengan fotokatalis ZnO/KA sebesar $0,1745 \text{ jam}^{-1}$. Fotokatalis ZnO/KA efektif dalam mendegradasi zat warna *congo red* pada kondisi optimumnya dengan presentase degradasi sebesar $91,81 \pm 1,24\%$.

Saini dkk (2017), melakukan sintesis ZnO/KA menggunakan metode hidrotermal dan penggunaannya untuk menghilangkan pewarna organik orange G dan rhodamin B dalam keadaan cair. Berdasarkan hasil dari adsorpsi isotherm Langmuir, kapasitas adsorpsi maksimal dari ZnO-karbon aktif untuk zat warna orange G dan rhodamin B masing-masing sebesar 153,8 mg/g dan 128,2 mg/g. Mekanisme kinetika adsorpsi dari kedua zat warna tersebut dapat dijelaskan secara baik dengan model kinetika pseduo orde 2. Berdasarkan termodinamika, penghilangan rhodamin B dengan ZnO-karbon aktif sebaiknya dilakukan pada

kondisi endotermik sampai dengan suhu 40°C karena kapasitas adsorpsi rhodamin B meningkat seiring dengan kenaikan temperatur sedangkan pada orange G peningkatan temperatur menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi. Nilai ΔG° negatif menunjukkan bahwa proses adsorpsi berlangsung secara spontan.

3.2 Penjerapan Fenol

Limbah fenol termasuk ke dalam golongan limbah yang berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan *treatment* khusus terlebih dahulu untuk mengurangi kadar fenol agar lebih aman jika dibuang ke lingkungan. Berbagai penelitian mengenai penurunan kadar fenol juga telah banyak dilakukan.

Penelitian Syahraeni Kadir dkk (2011), mengenai adsorpsi fenol dari asap cair tempurung kelapa hibrida pada arang aktif dievaluasi dengan variasi suhu dan konsentrasi. Data hasil penelitian menunjukkan bahwa dari penelitian ini mampu menurunkan konsentrasi fenol dari 32,67 mg/g menjadi 13,02 mg/g.

Penelitian yang dilakukan oleh Kindy Nopiana Irma dkk (2015), yang berjudul adsorpsi fenol menggunakan adsorben karbon aktif menggunakan metode kolom dengan variasi ukuran partikel dan waktu kontak, memberikan hasil bahwa penurunan kadar fenol paling efisien dan paling baik terjadi pada kondisi karbon aktif dengan ukuran partikel 80 mesh dan waktu kontak 12 jam dengan hasil sebesar 97,11%.

Rindya Angraini dkk (2015), juga melakukan penelitian untuk menurunkan kadar fenol yaitu dengan cara adsorpsi fenol oleh kombinasi adsorben zeolit alam dan karbon aktif menggunakan metode kolom dengan variasi ukuran partikel zeolit alam dan karbon aktif serta variasi waktu. Hasil penelitian yang diperoleh

yaitu penurunan kadar fenol terbaik terjadi pada kombinasi zeolit alam 20 mesh-karbon aktif 100 mesh pada waktu kontak 6 jam dengan hasil adsorpsi sebesar 97,55%.

BAB IV
METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Peralatan gelas (*pyrex*)
2. Neraca Analitik
3. Oven
4. Reaktor Hidrotermal
5. *Shaker*
6. Termometer
7. pH meter
8. *Stopwatch*
9. *Hotplate Stirrer*
10. *Magnetic Stirrer*
11. Kompor
12. Penangas air
13. Batang pengaduk kaca
14. Mortar dan Alu
15. Spatula
16. Sendok sungsu
17. FTIR

18. *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* Jeol jsm-6360 La
19. XRD
20. *Surface Area Analyzer (SAA)* Quantachrome TouchWin v1.11
21. Spektrofotometer *UV – Visible* UH 5300

3.1.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Karbon aktif tempurung kelapa sawit
2. Larutan $ZnCl_2$
3. ZnO pa
4. Fenol pa
5. Akuades
6. Larutan Buffer pH 2, 4, 7, 10
7. NaOH pa
8. Kertas Saring
9. Kertas pH
10. Tisu

4.2 Preparasi Sampel

4.2.1 Aktivasi Karbon Aktif

Karbon aktif tempurung kelapa sawit yang digunakan berasal dari hasil penelitian sebelumnya. Karbon aktif tempurung kelapa sawit direndam menggunakan larutan $ZnCl_2$ 40% dalam keadaan diaduk menggunakan *stirrer* dengan pemanasan selama 5 jam. Sampel kemudian dicuci menggunakan akuades

panas hingga pH nya antara 6 – 7. Karbon aktif selanjutnya disaring lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C. Karbon aktif yang telah kering didiamkan pada suhu ruang dalam keadaan tertutup, sehingga diperoleh sampel karbon aktif yang telah diaktivasi.

4.2.2 Preparasi sampel ZnO

Sampel berupa serbuk ZnO di oven pada suhu 110 °C selama 5 jam. ZnO yang telah di oven kemudian disimpan dalam botol dengan keadaan tertutup pada suhu ruang.

4.3 Cara Kerja Penelitian

4.3.1 Pembuatan Komposit ZnO/KA

Pembuatan komposit ZnO/Karbon Aktif tempurung kelapa sawit dilakukan menggunakan metode hidrotermal. Campuran karbon aktif dan ZnO dengan perbandingan 10 : 1 dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal lalu diaduk hingga homogen. Ditambahkan akuatrides ke dalam campuran sampel hingga semuanya terendam. Alat hidrotermal kemudian ditutup hingga rapat. Dilakukan proses hidrotermal pada suhu 250 °C selama 2,5 jam. Komposit yang diperoleh lalu didinginkan dalam suhu ruang. Komposit kemudian disaring lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 °C. Produk hidrotermal berupa komposit disimpan dalam botol pada keadaan tertutup dan dalam suhu ruang untuk selanjutnya dilakukan analisis.

4.3.2 Karakterisasi Komposit ZnO/KA

4.3.2.1 Karakterisasi dengan FTIR

Gugus fungsi dari komposit ZnO/KA dibandingkan dengan gugus fungsi

yang ada pada karbon aktif. Masing-masing diambil sebanyak 0,1 g dan digerus dengan mortar hingga homogen, kemudian hasil gerusan diletakkan pada media analisis dan dipres dengan *force gauge* 80 N. Sampel siap dianalisis menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} .

4.3.2.2 Karakterisasi dengan SEM-EDX

Analisis morfologi pori dari komposit ZnO/Karbon aktif tempurung kelapa sawit dilakukan menggunakan SEM-EDX. Morfologi pori dari komposit ZnO/KA ini juga dibandingkan dengan morfologi karbon aktif. Karakterisasi dilakukan menggunakan SEM-EDX Jeol jsm-6360 La.

4.3.2.3 Karakterisasi dengan XRD

Jenis dan ukuran kristal dari komposit ZnO/KA dianalisis menggunakan XRD. Karakterisasi XRD untuk komposit ZnO/KA ini dibandingkan dengan karakteristik XRD karbon aktif. Masing-masing sampel sebanyak 1 g digerus terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam media analisis. Selanjutnya sampel di karakterisasi menggunakan XRD.

4.3.2.4 Karakterisasi dengan SAA

Untuk mengetahui luas permukaan dari komposit ZnO/KA dilakukan menggunakan SAA, dimana luas permukaan komposit ZnO/KA tersebut juga akan dibandingkan dengan luas permukaan karbon aktif. Sebelum dilakukan analisis, dilakukan degasifikasi pada temperature 200 °C selama 6 jam. Kemudian sampel di karakterisasi menggunakan SAA.

4.3.3 Aplikasi Komposit ZnO/KA sebagai Adsorben

4.3.3.1 Pembuatan Larutan Induk Fenol

Larutan induk fenol 1000 ppm dibuat dengan cara menimbang sebanyak 0,5 gram padatan fenol yang kemudian di larutkan dalam sedikit akuades didalam gelas *beaker*. Larutan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 500 ml dan di tera hingga tanda batas. Selanjutnya digojog hingga homogen. Diperoleh larutan induk fenol 1000 ppm.

4.3.3.2 Pembuatan Larutan Standar Fenol 20, 40, 60, 80, 100 ppm

Larutan standar fenol diperoleh dari larutan induk fenol 1000 ppm. Dipipet dan dimasukkan ke dalam labu ukur 50 ml sebanyak 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; dan 5 ml untuk masing-masing konsentrasi larutan standar 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Setiap labu ukur tersebut kemudian di tera dengan akuades hingga tanda batas. Selanjutnya digojog hingga homogen. Diperoleh larutan standar fenol 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm.

4.3.3.3 Penentuan pH optimum penjerapan fenol

pH optimum adalah keadaan pH dimana konsentrasi yang teradsorpsi paling besar. Disiapkan masing-masing larutan fenol sebanyak 50 ml dengan konsentrasi 100 ppm yaitu dengan cara dipipet sebanyak 5 ml larutan fenol dari larutan induk fenol 1000 ppm ke dalam setiap labu ukur 50 ml. Ditambahkan larutan buffer masing-masing variasi pH (2, 4, 7, 10) sebanyak 10 ml ke dalam setiap labu ukur 50 ml. Kemudian ditera dengan akuades hingga volume 50 ml. Labu ukur kemudian digojog. Selanjutnya ditambah 0,5 gram komposit ZnO/KA pada setiap variasi lalu *dishaker* selama 30 menit. Sampel yang telah *dishaker* lalu disaring

menggunakan kertas saring. Filtrat dimasukkan ke dalam botol untuk kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Penentuan pH optimum dilakukan pada kondisi ultraviolet. Absorbansi filtrat diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm untuk fenol.

Banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam mg per gram adsorben ZnO/Karbon aktif ditentukan dengan persamaan :

$$qe = \frac{(C_o - C_e)V}{w} \quad (1)$$

Sedangkan banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam persen adsorben ZnO/Karbon aktif ditentukan dengan persamaan :

$$\% \text{ teradsorpsi} = \frac{(C_o - C_e)}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

q_e = jumlah fenol yang teradsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi fenol sebelum adsorpsi

C_e = konsentrasi fenol setelah adsorpsi

V = volume larutan fenol (L)

w = jumlah adsorben, komposit ZnO/KA (g)

% teradsorpsi = jumlah fenol yang teradsorpsi (%)

4.3.3.4 Penentuan konsentrasi optimum penjerapan fenol

Konsentrasi optimum adalah konsentrasi terbesar yang dapat di adsorpsi. Disiapkan masing-masing larutan fenol sebanyak 50 ml pada konsisi pH optimum dengan variasi konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm. Labu ukur kemudian digojog. Selanjutnya ditambah 0,5 gram komposit ZnO/KA pada setiap variasi lalu *dishaker* selama 30 menit. Sampel yang telah *dishaker* lalu disaring menggunakan kertas saring. Filtrat dimasukkan ke dalam botol untuk kemudian

dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Penentuan pH optimum dilakukan pada kondisi ultraviolet. Absorbansi filtrat diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm untuk fenol.

Banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam mg per gram adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (1). Sedangkan banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam persen adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (2).

4.3.3.5 Penentuan berat optimum penjerapan fenol

Berat optimum adalah berat komposit ZnO/KA yang dapat mengadsorpsi paling besar. Variasi berat komposit ZnO/KA dalam penentuan berat optimum yaitu 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram ; 2 gram. Disiapkan masing-masing larutan fenol sebanyak 50 ml pada konsisi pH optimum dan konsentrasi optimum. Labu ukur kemudian digojog. Selanjutnya ke dalam setiap botol ditambah berat komposit ZnO/KA sesuai dengan variasi yang lalu *dishaker* selama 30 menit. Sampel yang telah *dishaker* lalu disaring menggunakan kertas saring. Filtrat dimasukkan ke dalam botol untuk kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Penentuan pH optimum dilakukan pada kondisi ultraviolet. Absorbansi filtrat diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm untuk fenol.

Banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam mg per gram adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (1). Sedangkan banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam persen adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (2).

4.3.3.6 Penentuan waktu kontak optimum penjerapan fenol

Waktu kontak optimum adalah waktu dimana konsentrasi teradsorpsi paling

besar. Variasi waktu dalam penentuan waktu kontak optimum yaitu 15, 30, 45, dan 60 menit. Disiapkan masing-masing larutan fenol sebanyak 50 ml pada kondisi pH optimum dan konsentrasi optimum. Labu ukur kemudian digojog. Selanjutnya ditambahkan komposit ZnO/KA sesuai dengan berat optimum yang diperoleh lalu *dishaker* dengan variasi 15, 30, 45, dan 60 menit. Sampel yang telah *dishaker* lalu di saring menggunakan kertas saring. Filtrat dimasukkan ke dalam botol untuk kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis. Penentuan pH optimum dilakukan pada kondisi ultraviolet. Absorbansi filtrat diukur dengan UV-Vis pada panjang gelombang 270 nm untuk fenol.

Banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam mg per gram adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (1). Sedangkan banyaknya fenol yang teradsorpsi dalam persen adsorben ZnO/KA ditentukan dengan persamaan (2).

4.3.3.7 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Penentuan tipe isoterm adsorpsi dilakukan pada kondisi dimana terjadi proses adsorpsi paling besar. Penentuan kesetimbangan isoterm adsorpsi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Isoterm adsorpsi Langmuir dapat dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara C_e vs C_e/q_e , dimana C_e merupakan konsentrasi akhir yang diperoleh dan C_e/q_e merupakan konsentrasi akhir yang diperoleh dibagi banyaknya zat yang teradsorpsi. Pada kurva isoterm Langmuir ini yaitu C_e sebagai sumbu x dan C_e/q_e sebagai sumbu y.

Sedangkan kurva isoterm adsorpsi Freundlich, diperoleh dengan memplotkan $\log C_e$ vs $\log q_e$. $\log C_e$ merupakan log dari konsentrasi akhir

setelah adsorpsi, sedangkan $\log q_e$ adalah \log dari banyaknya fenol yang teradsorpsi. Pada kurva isoterm adsorpsi Freundlich ini $\log C_e$ berperan sebagai sumbu x dan $\log q_e$ sebagai sumbu y.

4.3.3.8 Penentuan Kinetika Adsorpsi

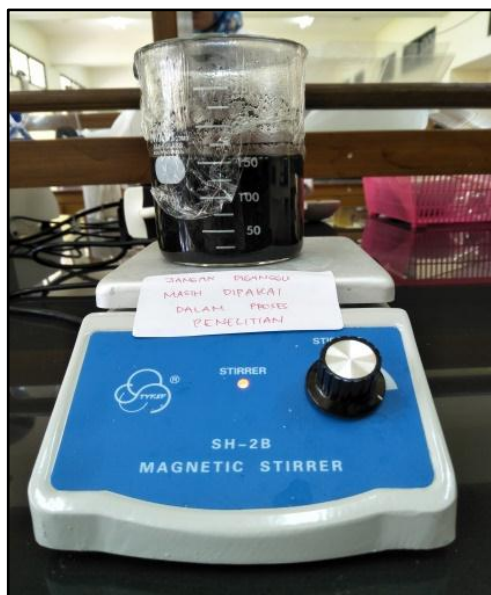
Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan menggunakan data yang dihasilkan dari penentuan waktu kontak optimum. Kinetika adsorpsi fenol oleh komposit ZnO/KA ini dievaluasi berdasarkan persamaan reaksi orde satu semu (*Pseudo First Order*) dan orde dua semu (*Pseudo Second Order*). Kinetika orde satu dapat diperoleh dengan cara membuat kurva hubungan antara $\ln (q_e - q_t)$ vs t . $\ln (q_e - q_t)$ merupakan \ln dari hasil pengurangan antara banyaknya fenol yang terjerap paling besar dengan banyaknya fenol yang terjerap pada waktu tertentu. Sedangkan t merupakan keterangan mengenai waktu kontak yang digunakan. Pada orde satu semu ini, $\ln (q_e - q_t)$ berperan sebagai sumbu y dan t sebagai sumbu x. Sedangkan untuk kinetika orde dua semu (*Pseudo Second Order*) diperoleh dengan cara memplotkan t / q_t vs t . t / q_t adalah nilai dimana waktu kontak yang digunakan dibagi dengan banyaknya fenol yang terjerap pada waktu tertentu, dan t merupakan waktu kontak yang digunakan. Seperti halnya pada orde satu semu, dalam orde dua semu ini t berperan sebagai sumbu x, sedangkan t / q_t sebagai sumbu y.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pembuatan Komposit ZnO/KA

Proses pembuatan komposit ZnO/KA diawali dengan aktivasi karbon aktif dan preparasi ZnO. Karbon aktif diaktivasi secara kimia menggunakan larutan ZnCl_2 40%. ZnCl_2 bersifat asam Lewis, yang artinya senyawa ini mampu menerima (akseptor) pasangan elektron karena mempunyai orbital kosong. Penggunaan asam sebagai aktivator dalam penelitian ini karena asam memiliki sifat *dehydrating agent* yang kuat yang mampu memperbaiki pengembangan pori di dalam struktur karbon sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi dari karbon aktif (Safi'i dan Mirtalis, 2013). Hal inilah yang mendukung penggunaan ZnCl_2 sebagai aktivator dalam penelitian ini dan menjadikan larutan ZnCl_2 merupakan salah satu aktivator terbaik yang biasanya digunakan dalam proses aktivasi arang menjadi arang aktif.



Gambar 13. Proses aktivasi menggunakan larutan ZnCl_2 40%

Aktivasi dilakukan dengan cara merendam karbon aktif ke dalam larutan ZnCl_2 40% dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan ditambah pemanasan selama 5 jam. Proses aktivasi ini bertujuan untuk memperbesar pori adsorben dan untuk meningkatkan sisi aktif pada permukaan adsorben sehingga daya adsorpsinya dapat meningkat. Proses aktivasi yang dibantu dengan pemanasan bertujuan untuk mempercepat reaksi dalam proses tersebut. Pada saat perendaman menggunakan larutan ZnCl_2 40%, larutan tersebut teradsorp ke dalam karbon aktif yang kemudian melarutkan unsur pengotor yang ada. Hilangnya kandungan pengotor dari permukaan karbon aktif tersebut membuat pori dari karbon aktif semakin besar. Besarnya pori karbon aktif tersebut menyebabkan luas permukaan dari karbon aktif meningkat. Sehingga kemampuan adsorpsi karbon aktif terhadap adsorbat akan meningkat.



Gambar 14. Proses pencucian menggunakan akuades panas

Karbon aktif yang telah di aktivasi selanjutnya dicuci menggunakan akuades yang telah dipanaskan secara berulang-ulang hingga mencapai pH netral yaitu

pada rentan pH 6-7. Akuades panas ini digunakan untuk mempercepat peluruhan pengotor yang berupa sisa bahan kimia yang masih menempel pada karbon aktif. Sehingga karbon aktif yang memiliki pH netral dapat dikatakan terbebas dari sisa bahan kimia yang sebelumnya digunakan.

Selanjutnya karbon aktif dioven pada suhu 110 °C hingga kering. Selain untuk menguapkan kandungan air yang ada dalam karbon aktif, pengovenan pada suhu 110 °C juga bertujuan untuk menguapkan pengotor atau residu yang dihasilkan dari bahan awal pada saat proses aktivasi. Setelah produk akhir karbon aktif teraktivasi ZnCl_2 40% didinginkan dengan cara didiamkan, kemudian disimpan dalam botol tertutup untuk digunakan dalam proses penelitian selanjutnya. Produk akhir karbon aktif teraktivasi ZnCl_2 40% dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Karbon aktif terkativasi ZnCl_2 40%

Pada preparasi ZnO dilakukan dengan cara pemanasan dengan oven pada suhu 110 °C selama 5 jam. Hal tersebut dimaksudkan untuk menguapkan kontaminan yang ada atau air yang terkandung di dalamnya.

Komposit ZnO/KA dibuat dengan perbandingan ZnO/KA (1 : 10). Pembuatan komposit ini bertujuan untuk mendesain pori karbon aktif yang telah ada menjadi lebih baik dan maksimal sehingga dalam pengaplikasiannya sebagai adsorben dapat digunakan secara lebih efektif, yaitu dengan cara mengkompositkan karbon aktif dan ZnO. Hal tersebut karena seperti yang telah diketahui karbon aktif merupakan adsorben yang baik dengan besarnya luas permukaan dan volume porinya. Sedangkan untuk ZnO itu sendiri merupakan bahan semikonduktor yang sudah banyak digunakan dalam berbagai penelitian sebagai fotokatalisis untuk mendegradasi zat warna maupun logam berat. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan pembuatan komposit ZnO/KA dan di uji aktivitasnya sebagai adsorben terhadap fenol.

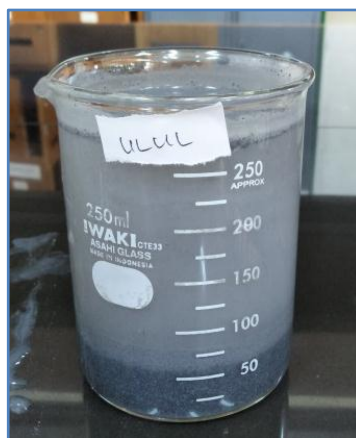
Dalam penelitian ini pembuatan komposit dilakukan menggunakan metode hidrotermal. Dipilihnya metode hidrotermal pada pembuatan komposit dalam penelitian ini karena suhu yang digunakan dalam prosesnya tidak terlalu tinggi sehingga lebih aman dan daya tekan yang digunakan berasal dari air yang digunakan itu sendiri. Karbon aktif dan ZnO yang masing-masing telah ditimbang sesuai dengan perbandingan 10 : 1. Campuran lalu dimasukkan ke dalam reaktor hidrotermal dan ditambahkan akuatrides hingga sampel terendam semua. Digunakannya akuatrides dalam proses ini karena akuatrides sudah mengalami

penyulingan berkali-kali sehingga bebas dari kontaminan, dan komposit yang dihasilkan lebih baik karena minim oleh adanya pengotor.



Gambar 16. Reaktor hidrotermal

Reaktor hidrotermal yang berisi sampel tersebut selanjutnya dimasukkan ke dalam oven. Proses hidrotermal dilakukan pada suhu 250 °C selama 2,5 jam. Pada saat proses hidrotermal, daya tekan dari akuatrides ini memberikan energi sehingga komposit ZnO/KA dapat terbentuk. Komposit yang dihasilkan dicuci menggunakan akuades untuk menghilangkan residu pengotor yang masih tertinggal, seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Proses pencucian komposit ZnO/KA menggunakan akuades

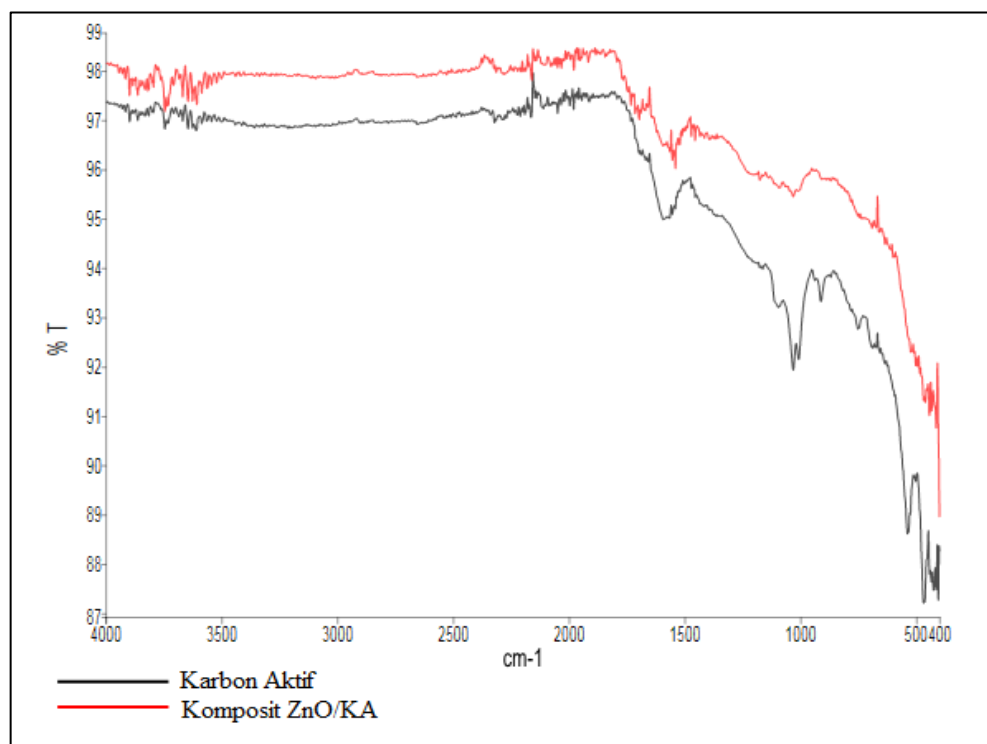
Komposit kemudian disempurnakan dengan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C untuk menguapkan kandungan air ataupun residu pengotor dalam komposit tersebut. Komposit didinginkan lalu disimpan dalam botol tertutup sebagai produk akhir dari proses hidrotermal untuk selanjutnya digunakan dalam aplikasi penjerapan fenol. Berikut ini merupakan produk komposit ZnO/KA yang diperoleh.



Gambar 18. Komposit ZnO/KA setelah pengovenan

5.2 Analisis Gugus Fungsi Komposit ZnO/KA dengan FTIR

Karakterisasi menggunakan FTIR dimaksudkan untuk membandingkan gugus fungsi yang ada pada komposit ZnO/KA dengan karbon aktif. Gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben perlu diketahui karena hal tersebut berkaitan dengan kemampuan adsorpsi pada proses adsorpsi dalam kondisi pH tertentu. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh spektrum mengenai gugus fungsi yang terkandung dalam karbon aktif maupun komposit ZnO/KA seperti pada Gambar 19.



Gambar 19. Spektrum Hasil FTIR

Dari gambar 19 tersebut, diperoleh informasi bahwa gugus fungsi yang terkandung dalam masing-masing sampel tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Analisis FTIR

Bilangan Gelombang Karbon Aktif (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang Komposit ZnO/KA (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
	414,05	Zn-O
	443,79	Zn-O
	691,81	C-Cl
912,16		C-H
1032,13	1032,56	C-O alifatik
	1541,18	C-C alifatik
1593,96		C=C silkis
	1697,67	C-O karbonil
	3610,04	O-H
3614,38		O-H
	3648,36	O-H
	3671,19	O-H
3748,95		O-H

Berdasarkan hasil diatas, meskipun terdapat perbedaan puncak yang teramati, akan tetapi secara keseluruhan spektrum yang diperoleh untuk karbon aktif dan komposit ZnO/KA tidak terlalu berbeda. Dari spektrum tersebut diperoleh informasi bahwa gugus fungsi yang terkandung dalam karbon aktif tempurung kelapa sawit ini sebagai berikut. Pada pita serapan $912,16\text{ cm}^{-1}$ terdapat vibrasi C-H. Serapan $1032,13\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya C-O alifatik yang menunjukkan bahwa sampel tersebut merupakan karbon aktif. Selanjutnya diperoleh pita serapan $1593,96\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya C=C silkis. Daerah serapan $3614,38\text{ cm}^{-1}$ dan $3748,95\text{ cm}^{-1}$ menginformasikan adanya OH dari molekul H_2O .

Sedangkan untuk komposit ZnO/KA, terlihat adanya perbedaan puncak yang muncul yaitu pada daerah *fingerpint*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa serapan yang terkandung didalamnya yaitu yang pertama pada puncak serapan $414,05\text{ cm}^{-1}$ dan $443,79\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya vibrasi ulur Zn-O. Hal ini sama seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Septiani dkk (2014) yang menyebutkan bahwa serapan pada daerah $400\text{-}450\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi ulur dari Zn-O. Selanjutnya diperoleh pita serapan pada bilangan gelombang $691,81\text{ cm}^{-1}$ yang menginformasikan adanya C-Cl yang diketahui ada pada range $540\text{-}760\text{ cm}^{-1}$. Adanya ikatan C-Cl karena karbon berikatan dengan Cl yang masih tersisa yang berasal dari aktivatornya yaitu ZnCl_2 .

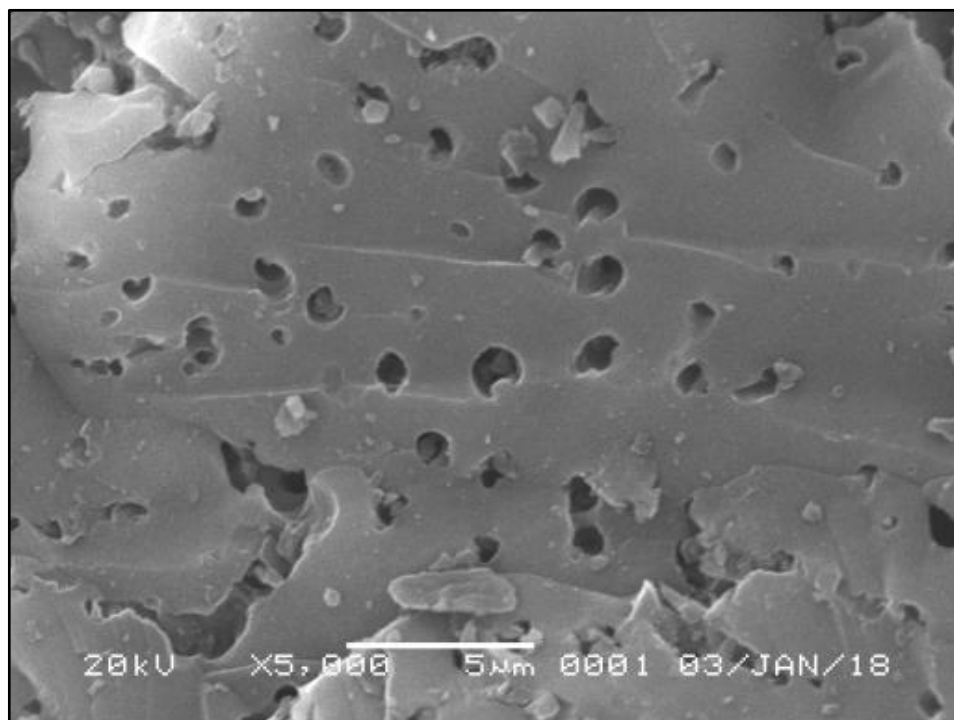
Puncak serapan pada bilangan gelombang $1032,56\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya regangan C-O alifatik, yang menjelaskan bahwa dalam komposit tersebut terdapat karbon aktif. Regangan ini ada pada daerah $1014\text{-}1047\text{ cm}^{-1}$. Kemudian

diperoleh pita serapan pada daerah $1541,18 \text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan adanya regangan C-C alifatik (Silverstain,1981) yang merupakan gugus fungsional dari karbon aktif. Serapan pada bilangan gelombang $1697,67 \text{ cm}^{-1}$ memberikan informasi bahwa adanya gugus fungsi C-O karbonil. Pada daerah serapan $3610,04 \text{ cm}^{-1}$; $3648,36 \text{ cm}^{-1}$; dan $3671,19 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya stretching O-H dari molekul H_2O yang terserap pada permukaan ZnO.

Berdasarkan penjelasan hasil analisis gugus fungsi yang diperoleh tersebut, dapat disimpulkan bahwa komposit ZnO/KA telah berhasil dilakukan.

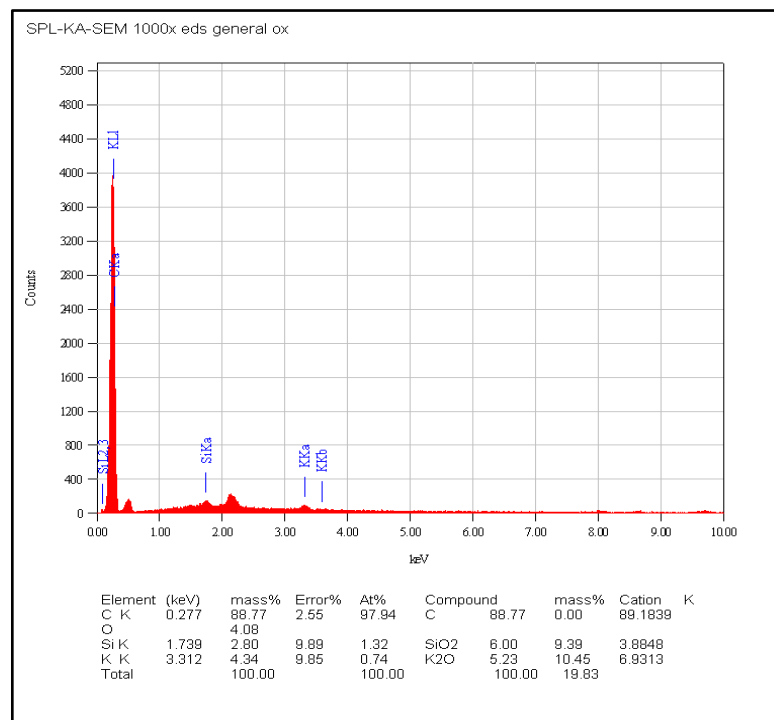
5.3 Analisis Struktur Morfologi Komposit ZnO/KA dengan SEM-EDX

Komposit ZnO/KA yang dikarakterisasi menggunakan SEM-EDX bertujuan untuk melihat struktur morfologi dari komposit yang dihasilkan. Struktur morfologi komposit tersebut dibandingkan dengan struktur morfologi karbon aktif sebelum dimodifikasi dengan ZnO.



Gambar 20. Morfologi karbon aktif

Hasil analisis morfologi karbon aktif menggunakan SEM pada gambar 20 tersebut menunjukkan bahwa morfologi karbon aktif tersebut dari hasil pemotretan memiliki permukaan yang terlihat rapi. Pori yang dihasilkan berbentuk bulat dengan ukuran pori yang sama yaitu relatif kurang besar dan rongga porinya yang juga relatif kurang besar. Dari gambar tersebut terlihat bahwa rongga yang dihasilkan tidak terlalu gelap yang dapat diperkirakan bahwa volume porinya juga tidak terlalu dalam.

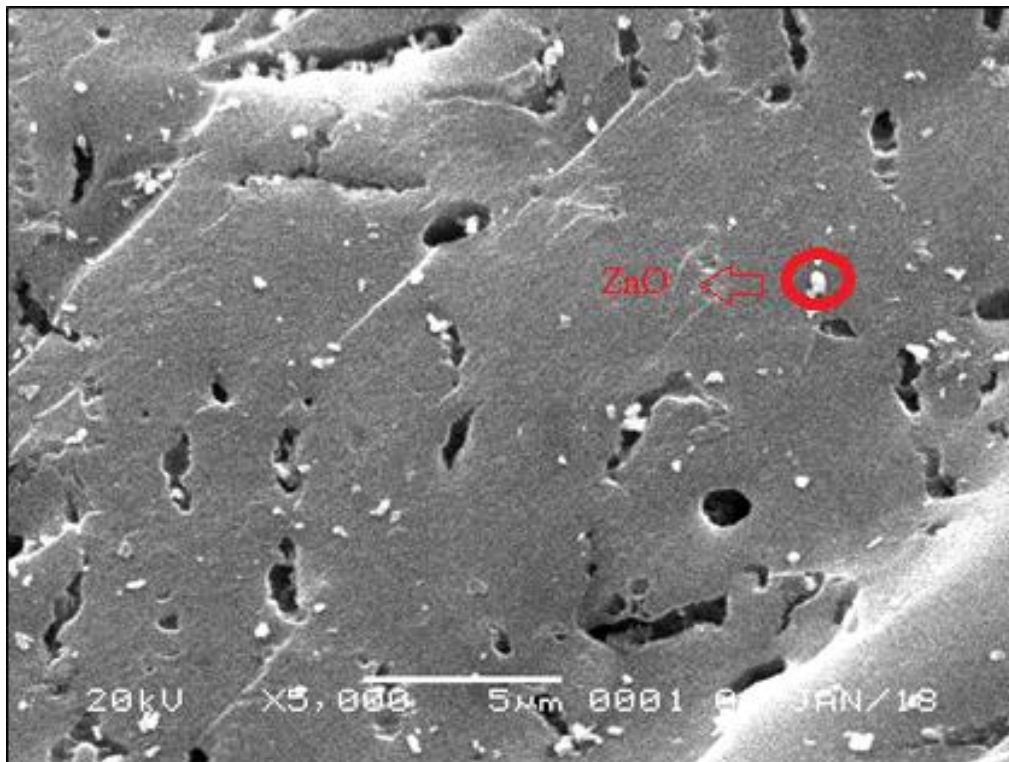


Gambar 21. Hasil analisis EDX karbon aktif

Berdasarkan hasil yang tertera pada EDX, untuk karbon aktif didominasi oleh unsur C (karbon) sebanyak 88,77% dan untuk sisanya terdapat unsur lain seperti O sebesar 4,08% ; Si 2,80% ; dan K sebanyak 4,34%. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Krik-Othmer (1992) yang menjelaskan bahwa dalam karbon aktif dibuat dari bahan yang banyak mengandung C (karbon) 85%-95%. Untuk

unsur minor dalam karbon aktif yaitu O, Si, dan K merupakan pengotor yang berasal dari bahan yang sebelumnya digunakan dalam pembuatan karbon aktif.

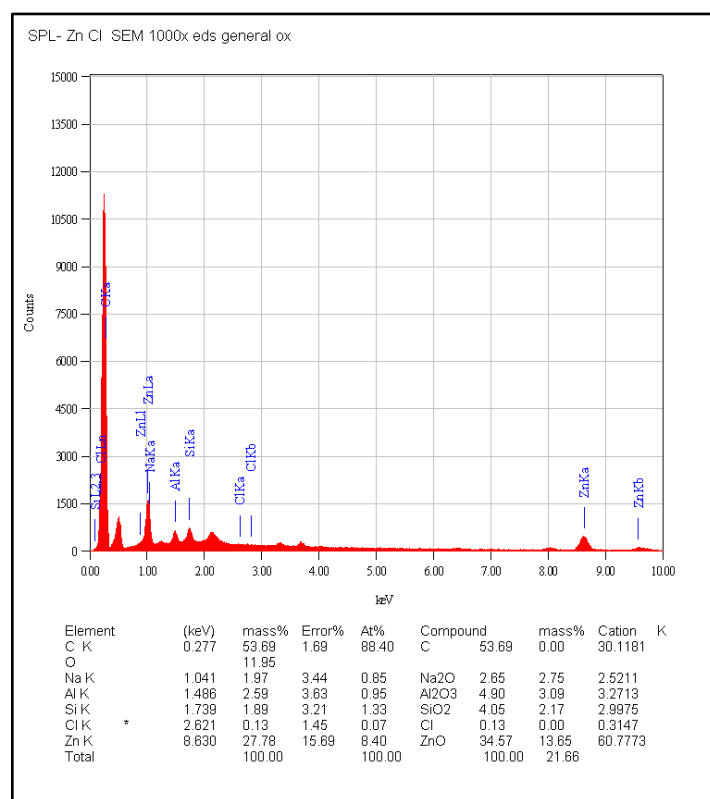
Sedangkan untuk komposit ZnO/KA dari hasil pemotretan menggunakan SEM diperoleh gambar morfologi yang berbeda. Morfologi komposit ZnO/KA terlihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Morfologi komposit ZnO/KA

Berbeda dengan karbon aktif, pada komposit ZnO/KA menunjukkan hasil morfologi yang permukaannya lebih tidak rata dibandingkan dengan permukaan karbon aktif. Sedangkan untuk ukuran porinya terlihat bahwa ukurannya lebih bervariasi dibandingkan ukuran pori pada karbon aktif, yaitu ada yang besar dan ada pula yang kecil. Rongga pori yang dihasilkan juga terlihat bahwa pada komposit ZnO/KA ini memiliki luas rongga pori yang lebih besar dibandingkan rongga pori yang teramati pada karbon aktif yang dibuktikan dengan ukuran

porinya yang terlihat melebar. Rongga pori yang terlihat sangat gelap tersebut menunjukkan bahwa volume porinya yang dihasilkan lebih dalam dibandingkan volume pori pada karbon aktif. Dari hasil pemotretan juga terlihat adanya sisa-sisa ZnO yang sebelumnya digunakan, yaitu dibuktikan dengan adanya sebaran berwarna putih di sekitar pori. Sehingga berdasarkan gambar 21 tersebut dapat dinyatakan bahwa pembuatan komposit ZnO/KA telah berhasil dilakukan.



Gambar 23. Hasil analisis EDX komposit ZnO/KA

Hasil EDX dari komposit ZnO/KA juga lebih bervariasi unsur yang terkandung didalamnya. Dari gambar 23 tersebut menunjukkan bahwa unsur yang didominasi dalam komposit tersebut sama seperti pada karbon aktif yaitu unsur C (karbon) sebesar 53,69%. Kandungan unsur utama lainnya yaitu Zn 27,73%. Hal tersebut sesuai dengan perlakuan yang dilakukan dalam pembuatan komposit

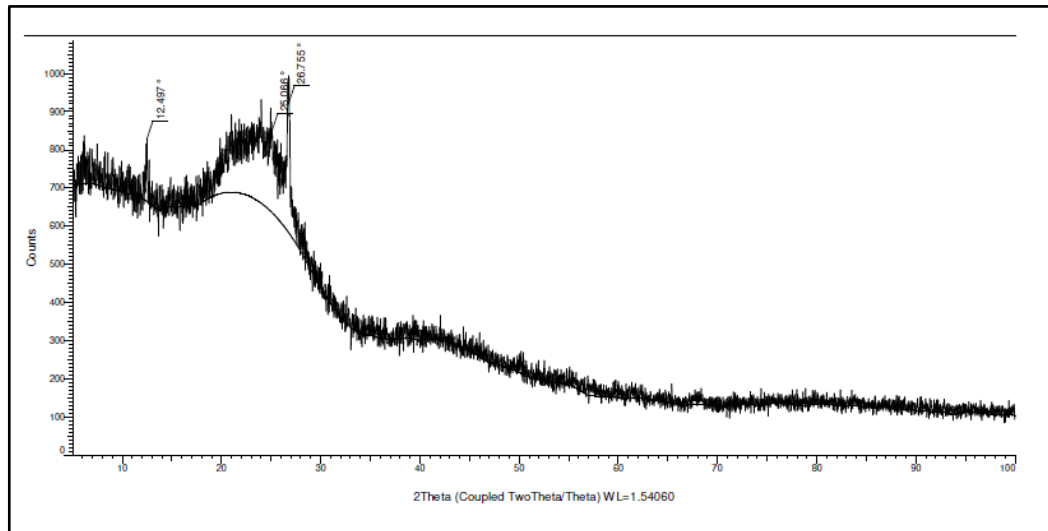
dimana komposit dibuat dengan menggabungkan karbon aktif dengan ZnO. Sisa kandungan unsur yang ada dalam komposit ZnO/KA yaitu O 11,95% ; Na 1,97% ; Al 2,59% ; Si 1,89% ; dan Cl 0,13%. Sisa unsur yang ada dalam komposit tersebut seperti merupakan pengotor yang dihasilkan dari sisa-sisa bahan yang masih ada dalam proses pembuatan komposit ZnO/KA.

Hasil karakterisasi SEM dari kedua sampel karbon aktif dan komposit ZnO/KA tersebut, menunjukkan bahwa morfologi, ukuran, dan volume pori komposit ZnO/KA memberikan hasil yang baik. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil pemotretan SEM terhadap komposit ZnO/KA yang menunjukkan hasil ukuran pori yang di lebih lebar dan lebih besar dibandingkan ukuran pori karbon aktif. Selain itu pori pada komposit ZnO/KA juga terlihat lebih gelap dibandingkan pori pada karbon aktif, yang menandakan bahwa volume pori untuk komposit ZnO/KA lebih dalam sehingga dapat diperkirakan kapasitas adsorpsinya lebih besar dibandingkan karbon aktif. Hasil yang diperoleh tersebut diperkirakan bahwa aktivasi kimia pada karbon aktif menggunakan $ZnCl_2$ dan modifikasi ZnO/KA memberikan pengaruh dalam memperbesar dan memperdalam pori yang ada. Sedangkan untuk hasil EDX yang diperoleh, menunjukkan bahwa komposisi dominan untuk karbon aktif adalah C (karbon) dan pada komposit ZnO/KA komposisi dominannya yaitu C (karbon) dan Zn.

5.4 Analisis Fasa Komposit ZnO/KA dengan XRD

Karakterisasi menggunakan XRD dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan dalam mengompositkan karbon aktif dan ZnO dengan melihat sudut 2θ yang muncul. Dalam analisis hasilnya, data XRD untuk

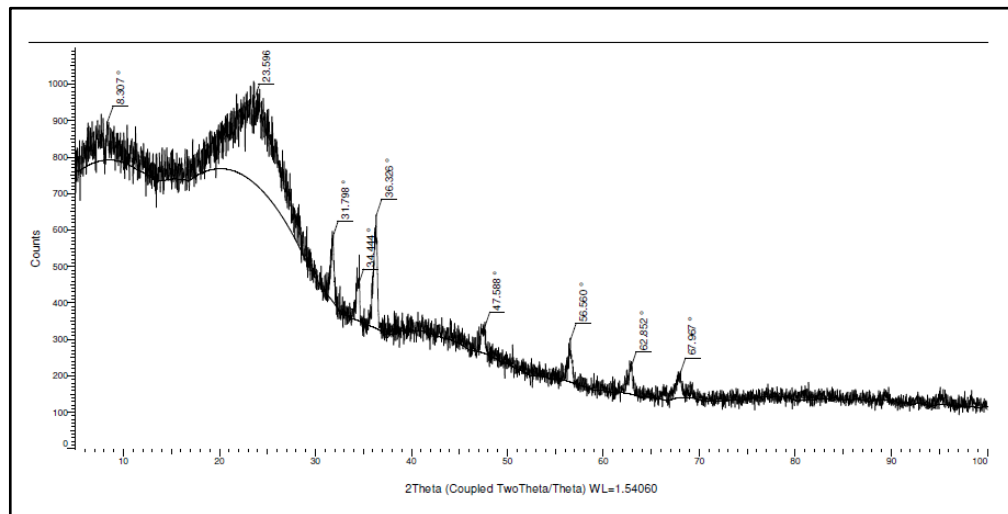
komposit ZnO/KA ini dibandingkan dengan data XRD Karbon Aktif. Difraktogram untuk Karbon Aktif yang diperoleh seperti pada Gambar 24.



Gambar 24. Difraktogram Karbon Aktif

Dari difraktogram karbon aktif diatas dapat diketahui bahwa karbon aktif mempunyai bentuk amorf. Hal tersebut ditunjukkan dari hasil pola pada XRD karbon aktif yang diperoleh bentuknya tidak beraturan, dimana hal ini merupakan ciri dari amorf. Meskipun tidak dihasilkan puncak-puncak yang spesifik, akan tetapi masih dihasilkan sudut-sudut 2θ yang dapat terbaca yaitu $12,497^\circ$; $25,066^\circ$; dan $26,755^\circ$. Nilai sudut 2θ $12,497^\circ$; $25,066^\circ$; dan $26,755^\circ$ mencitrakan sudut 2θ dari karbon aktif yang dapat terbaca.

Berbeda halnya dengan karbon aktif, pada difraktogram komposit ZnO/KA sudut-sudut yang dihasilkan bervariasi seperti yang tercantum pada gambar berikut.



Gambar 25. Difraktogram ZnO/KA

Dari Gambar 25, dapat diketahui sudut-sudut 2θ yang dihasilkan dari komposit ZnO/KA yaitu $8,307^\circ$; $23,596^\circ$; $31,798^\circ$; $34,444^\circ$; $36,326^\circ$; $47,588^\circ$; $56,560^\circ$; $62,852^\circ$; dan $67,967^\circ$. Sudut 2θ karbon aktif yang dapat terbaca dari komposit ZnO/KA tersebut mengalami pergeseran dibandingkan sudut 2θ yang dihasilkan dari karbon aktif, yaitu pada sudut 2θ $8,307^\circ$ dan $23,596^\circ$.

Selanjutnya berdasarkan JCPDS dari ZnO No. 36-1451, menunjukkan hasil bahwa ZnO memiliki puncak pada sudut 2θ $31,798^\circ$; $34,444^\circ$; $36,326^\circ$; $47,588^\circ$; $56,560^\circ$; $62,852^\circ$; dan $67,967^\circ$. Sudut 2θ yang teramati dari difraktogram tersebut juga memberikan informasi adanya puncak-puncak tertinggi yang spesifik yang muncul, yaitu pada sudut 2θ $31,798^\circ$; $34,444^\circ$ dan $36,326^\circ$. Hal ini dibuktikan oleh penelitian yang sebelumnya telah dilakukan oleh Arief (2011), Khan (2011), Chen (2010), Sakthivel (2001), dan Sinaga (2009), yang menyebutkan bahwa sudut difraksi 2θ $31,77^\circ$ - $32,08^\circ$ dengan arah kisi kristalnya 100, sudut difraksi 2θ $34,43^\circ$ - $34,74^\circ$ dengan arah kisi kristalnya 002, sudut difraksi 2θ $36,25^\circ$ - $36,57^\circ$ dengan arah kisi kristalnya 101, merupakan

karakteristik yang dikategorikan dari kristal ZnO yang berbentuk wurzite (fase heksagonal).

Berdasarkan hasil karakterisasi yang diperoleh, karbon aktif menunjukkan hasil yaitu berbentuk amorf. Pada komposit ZnO/KA juga berbentuk amorf, akan tetapi memberikan hasil puncak spesifik yaitu pada sudut 2θ $31,798^\circ$; $34,444^\circ$ dan $36,326^\circ$. Sudut 2θ tersebut mencirikan kristal ZnO. Hal ini menunjukkan bahwa komposit ZnO/KA telah berhasil dilakukan.

5.5 Analisis Luas Permukaan Komposit ZnO/KA dengan SAA

Karakterisasi menggunakan SAA dilakukan untuk mengetahui luas permukaan, volume pori, dan ukuran pori dari komposit ZnO/KA. Dari grafik isoterm adsorpsi-desorpsi nitrogen yang dihasilkan juga akan diketahui tipe isotermnya.

Data hasil karakterisasi menggunakan SAA ada pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Hasil Karakterisasi SAA

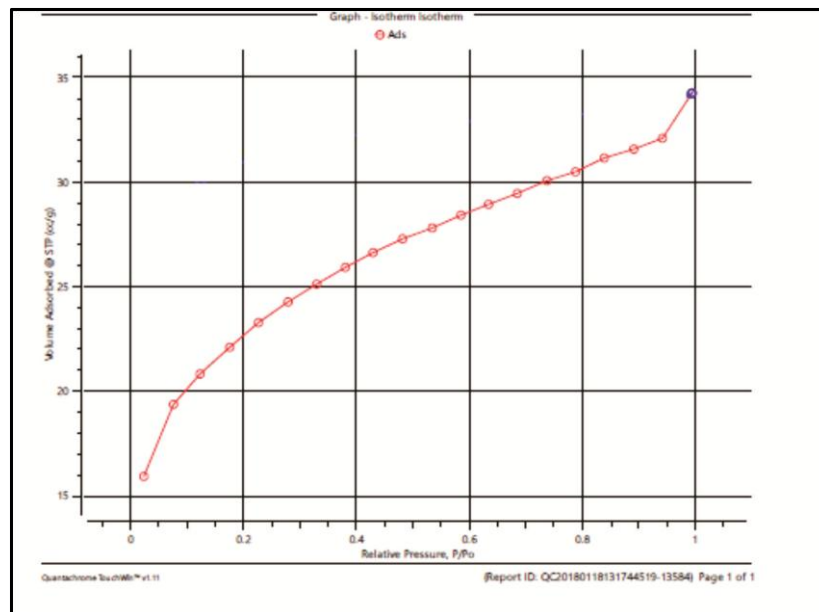
Luas Permukaan (m^2/g)	Volume Pori (cc/g)	Ukuran Pori (\AA)
76,2215	0,04978	1,63465

Dari tabel tersebut, memberikan hasil bahwa luas permukaan komposit ZnO/KA yang diperoleh sebesar $76,2215 \text{ m}^2/\text{g}$ dengan volume pori sebanyak $0,0497816 \text{ cc/g}$ dan ukuran pori adsorpsinya $1,63465 \text{ nm}$.

Dilihat dari hasil tersebut, ukuran pori untuk komposit ZnO/KA adalah mikropori, Hal ini dibuktikan dari literatur yang ada yang menjelaskan bahwa ukuran pori untuk mikropori yaitu $< 2\text{nm}$, dan hasil yang diperoleh diketahui bahwa ukuran pori untuk komposit ZnO/KA sebesar $1,63465 \text{ nm}$. Hasil tersebut menjelaskan bahwa ukuran pori komposit ZnO/KA berada pada *range* ukuran

pori untuk mikropori. Tipe pori mikropori ini mencirikan bahwa dalam proses adsorpsi, partikel adsorbat akan menempel di sekitar dinding adsorben sehingga akan mempunyai ikatan yang kuat.

Tipe isotherm adsorpsi dapat dilihat dari grafik isotherm adsorpsi-desorpsi yang diperoleh dari karakterisasi yang dilakukan yaitu seperti pada Gambar 26.



Gambar 26. Grafik isotherm adsorpsi

Berdasarkan gambar 26 tersebut, diperoleh informasi bahwa tipe isotherm adsorpsi untuk komposit ZnO/KA adalah tipe 1, yang menjelaskan bahwa tipe 1 ini mengarah pada ukuran pori mikropori. Grafik adsorpsi tersebut menjelaskan bahwa adsorpsi dimulai dari tekanan rendah hingga tekanan relatif (P/P_0) 1 dan pada P/P_0 1 ini proses adsorpsi berakhir. Semakin besar tekanan yang diberikan, jumlah zat yang teradsorpsi semakin banyak. Pada P/P_0 1 mulai muncul adanya titik biru, dimana titik tersebut merupakan titik awal dari terjadinya desorpsi. Hal tersebut menandakan bahwa proses adsorpsi yang berlangsung tersebut telah mencapai titik jenuhnya karena telah mencapai titik adsorpsi maksimum.

5.6 Analisis Penjerapan Fenol dengan Spektrofotometer UV-Vis

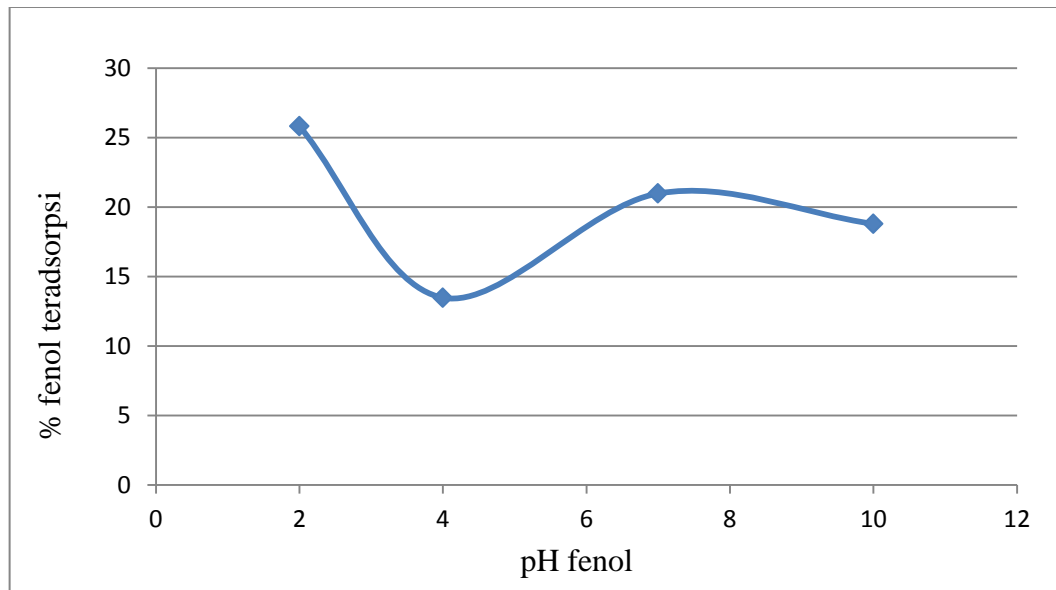
5.6.1 Penentuan pH Optimum

pH optimum merupakan keadaan dimana pada kondisi pH tersebut, konsentrasi yang teradsorpsi paling besar. Kondisi pH merupakan salah satu parameter terpenting dalam proses adsorpsi. Hal tersebut karena nilai pH dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia pada adsorbat maupun pada adsorben. Oleh sebab itu, dalam penelitian ini dilakukan penentuan kondisi pH optimum penjerapan fenol oleh komposit ZnO/KA. Variasi pH yang digunakan yaitu pada kondisi pH 2, 4, 7, dan 10. Variasi pH tersebut mewakili kondisi asam, netral, dan basa. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui kondisi efektif dalam proses penjerapan fenol sehingga hasilnya lebih efektif dan maksimal.

Untuk melihat pengaruh kondisi pH dalam penjerapan fenol dilakukan dengan menambahkan adsorben sebanyak 0,5 gram ke dalam setiap larutan fenol yang diatur kondisi pH nya sesuai dengan variasi yang digunakan dan kemudian di *shaker* selama 30 menit. Pada proses *shaker* ini, terjadi kontak antara adsorben dengan adsorbat, yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara partikel komposit ZnO/KA dengan fenol sehingga konsentrasi fenol setelah adsorpsi dapat menurun. Filtrat yang diperoleh kemudian di uji menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 270 nm.

Hasil yang didapat dari perhitungan yaitu pada kondisi pH 2, diketahui fenol yang mampu teradsorpsi sebanyak 2,5812 mg/g. Kemudian pada kondisi pH 4, 7, dan 10 banyaknya fenol yang teradsorpsi secara berurutan yaitu 1,3475 mg/g ; 2,0973 mg/g ; dan 1,8784 mg/g. Selanjutnya juga dihasilkan data % fenol teradsorpsi yang digunakan untuk memperjelas keadaan optimum dari variasi

kondisi pH larutan fenol yang digunakan dengan melihat grafik hubungan antara pH dengan % fenol teradsorpsi. Berdasarkan data yang ada, grafik hubungan jumlah fenol yang terjerap oleh komposit ZnO/KA sebagai fungsi pH, terlihat seperti pada Gambar 27.



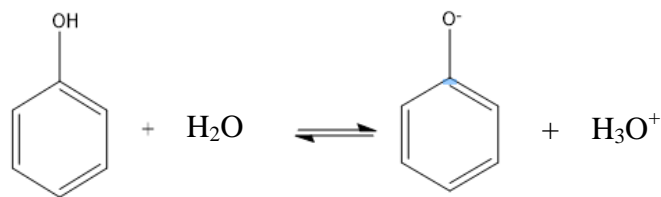
Gambar 27. Kurva Penentuan pH Optimum Fenol

Berdasarkan gambar 27, diketahui bahwa presentase fenol yang terjerap oleh komposit ZnO/KA tidak meningkat seiring peningkatan pH. Hasil yang diperoleh yaitu pada kondisi pH 2 presentase fenol yang teradsorpsi sebesar 25,812%. Untuk kondisi pH 4 fenol yang teradsorpsi oleh komposit ZnO/KA mengalami penurunan yaitu sebesar 13,475%. Setelah mengalami penurunan pada kondisi pH 4 kemudian pada kondisi pH 7 fenol yang teradsorpsi mengalami kenaikan yaitu sebesar 20,973%. Dan untuk variasi kondisi pH 10, fenol yang teradsorpsi menurun karena presentase yang dihasilkan sebesar 18,784%.

Pada kondisi pH 2, diperoleh presentase adsorpsi paling besar. Hal itu karena pada keadaan asam, permukaan komposit ZnO/KA banyak mengandung

H^+ yang bermuatan positif sehingga mampu menarik O^- dari fenol yang bermuatan negatif. Sedangkan ketika kondisi pH 4 terjadi penurunan hasil adsorpsi, diperkirakan karena muatan positif yang ada berkurang sehingga tidak mampu menjerap fenol lebih banyak. Dalam kondisi pH 7, hasil adsorpsi yang diperoleh lebih tinggi dari pada pada kondisi pH 4, diperkirakan pada kondisi tersebut muatan positif yang ada banyak sehingga mampu menjerap fenol. Begitu pula pada pH 10 terjadi penurunan presentase adsorpsi, hal tersebut dikarenakan muatan positif yang ada jumlahnya sedikit sehingga daya adsorpsinya terhadap fenol juga berkurang.

Reaksi yang terjadi seperti pada Gambar 28.



Gambar 28. Reaksi Fenol dalam Air

Kriteria untuk menentukan kondisi pH optimum dapat dilihat dari nilai presentase teradsorpsi paling banyak. Dan dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa pada kondisi pH 2 tersebut presentase teradsorpsinya paling banyak, yaitu sebesar 25,812%. Sehingga kondisi pH 2 tersebut merupakan kondisi optimum penyerapan fenol oleh komposit ZnO/KA.

5.6.2 Penentuan Konsentrasi Optimum

Konsentrasi optimum merupakan keadaan dimana konsentrasi yang mampu teradsorpsi paling besar. Pada proses adsorpsi, kemampuan penyerapan adsorben selain dipengaruhi oleh kondisi pH suatu larutan terhadap adsorben juga

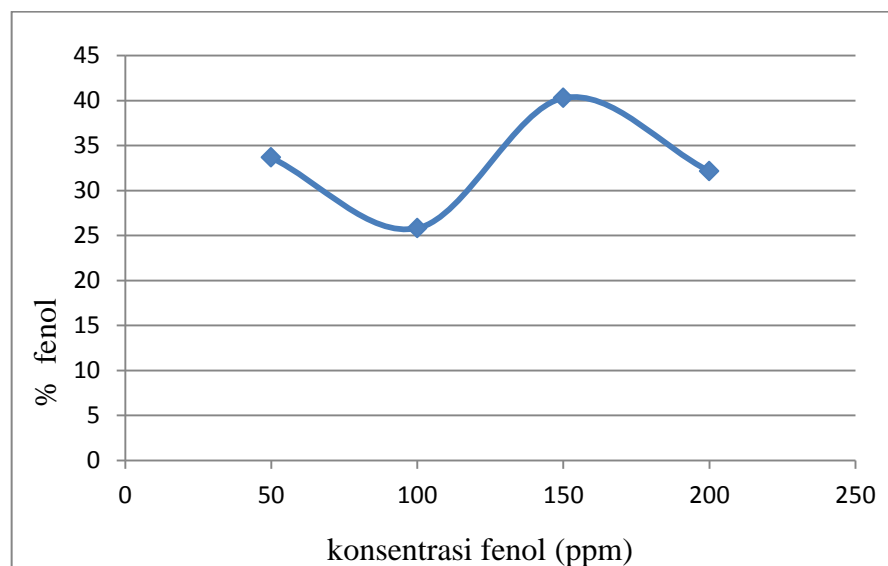
dipengaruhi oleh konsentrasi dari larutan yang digunakan. Oleh sebab itu dalam pengaplikasian komposit ZnO/KA sebagai adsorben pada penjerapan fenol perlu diketahui konsentrasi larutan fenol yang optimum yang dapat terjerap oleh adsorben sehingga diperoleh hasil yang maksimal dan efektif. Variasi konsentrasi larutan fenol yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm.

Konsentrasi optimum larutan fenol dalam penjerapan fenol oleh komposit ZnO/KA dapat diketahui dengan mengukur adsorbansi filtrat yang dihasilkan setelah larutan fenol di adsorpsi oleh komposit ZnO/KA menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible*. Untuk mendapatkan filtrat tersebut, sebelumnya dilakukan pembuatan larutan fenol sesuai dengan variasi konsentrasi yang telah ditentukan, yaitu 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm pada kondisi pH 2. Kondisi pH tersebut sesuai dengan hasil yang diperoleh berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan. Selanjutnya adsorben yang ditambahkan kedalam masing-masing variasi konsentrasi larutan fenol yaitu sebanyak 0,5 gram yang kemudian di *shaker* selama 30 menit. Pada proses *shaker* ini, terjadi kontak antara adsorben dengan adsorbat, yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara partikel komposit ZnO/KA dengan fenol sehingga konsentrasi fenol setelah adsorpsi dapat menurun. Filtrat yang di dapat selanjutnya dianalisis dengan Spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 270 nm.

Berdasarkan uji dan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh data hasil analisis yaitu pada konsentrasi larutan fenol 50 ppm, fenol yang dapat terjerap

oleh komposit ZnO/KA sebesar 1,6826 mg/g. Selanjutnya pada konsentrasi 100 ppm, komposit ZnO/KA mampu menjerap fenol sebanyak 2,5812 mg/g. Sedangkan untuk konsentrasi 150 ppm dan 200 ppm, kapasitas adsorpsinya yaitu 6,0415 mg/g dan 6,4273 mg/g. Dari hasil tersebut terlihat bahwa seiring bertambahnya konsentrasi larutan fenol, maka semakin besar pula banyaknya fenol yang teradsorpsi.

Selain banyaknya fenol yang teradsorpsi, juga diperoleh data % fenol yang teradsorpsi yang digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai keadaan optimum dari variasi konsentrasi larutan fenol yang digunakan dengan melihat grafik hubungan antara variasi konsentrasi fenol dengan % fenol teradsorpsi. Sesuai dengan hasil yang diperoleh pada tabel 4 diatas, untuk selanjutnya dibuat hubungan antara variasi konsentrasi larutan fenol dengan % fenol teradsorpsi, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 29.



Gambar 29. Kurva Penentuan Konsentrasi Optimum Fenol

Dari gambar 29 didapat hasil presentase penjerapan fenol oleh komposit ZnO/KA. Presentase adsorpsi menyatakan banyaknya konsentrasi fenol yang

diadsorpsi oleh adsorben sehingga nilainya ditentukan oleh perubahan konsentrasi fenol setelah diadsorpsi oleh adsorben. Hasil untuk masing-masing variasi konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm berturut-turut yaitu 33,652% ; 25,812% ; 40,277% ; dan 32,137%. Berdasarkan gambar 29 tersebut diperoleh hasil bahwa larutan fenol pada konsentrasi 150 ppm menunjukkan hasil dimana fenol paling banyak teradsorp dengan presentase fenol yang teadsorp sebanyak 40,2766%. Sehingga pada konsentrasi 150 ppm tersebut merupakan kondisi optimum dalam proses penjerapan fenol.

Walaupun data yang diperoleh menyatakan bahwa banyaknya fenol yang teradsorpsi pada konsentrasi 150 ppm lebih kecil dibandingkan dengan banyaknya fenol yang teradsorpsi pada konsentrasi 200 ppm, akan tetapi presentase fenol yang terjerap pada konsentrasi 150 ppm paling tinggi, sehingga dapat dikatakan bahwa pada konsentrasi larutan fenol 150 ppm merupakan kondisi optimum penjerapan fenol oleh komposit ZnO/KA.

Jika konsentrasi larutan fenol dinaikkan maka menyebabkan terjadinya peningkatan jumlah fenol yang terikat pada adsorben sehingga nilai kapasitas penjerapan meningkat. Dengan meningkatnya konsentrasi fenol, maka kapasitas penjerapan fenol oleh adsorben semakin berkurang. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi yang lebih tinggi, jumlah fenol dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah pori-pori yang tersedia sehingga permukaan komposit ZnO/KA akan mencapai titik jenuh dan kemungkinan akan terjadi desorpsi atau pelepasan kembali adsorbat yang dijerap oleh adsorben.

5.6.3 Penentuan Berat Optimum

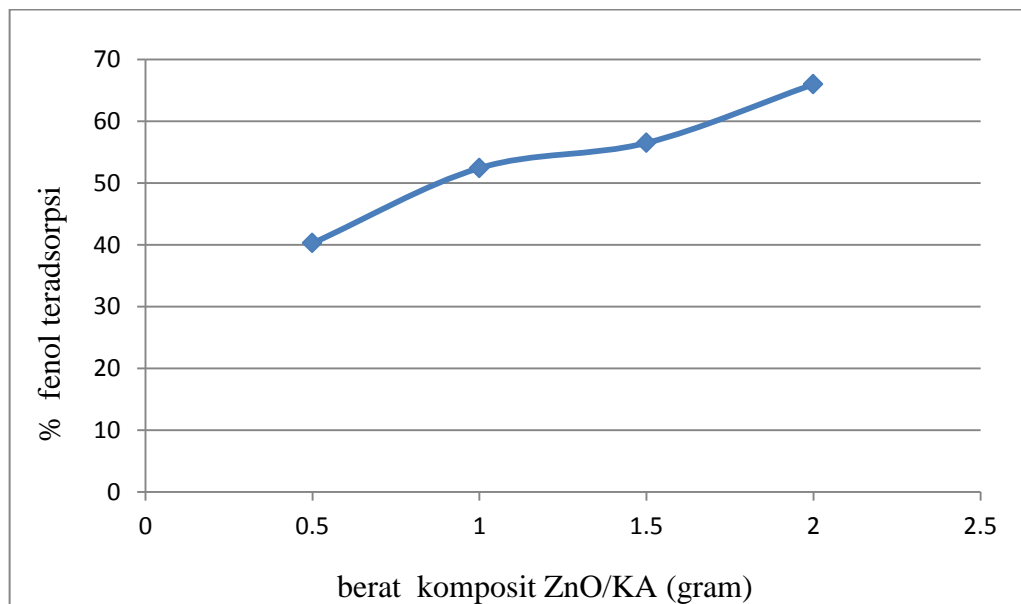
Berat optimum merupakan berat dimana adsorben mampu mengadsorpsi adsorbat paling banyak. Berat dari suatu adsorben juga merupakan salah satu parameter yang mempengaruhi adsorpsi. Hal ini karena semakin banyak adsorben yang digunakan maka akan semakin banyak pula adsorbat yang akan terjerap oleh adsorben.

Pada penentuan berat optimum, digunakan variasi berat adsorben 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram ; dan 2 gram. Langkah kerja yang dilakukan pada tahapan ini sama seperti pada penentuan kondisi optimum lainnya yaitu pada penentuan pH optimum dan konsentrasi optimum. Pada langkah ini, dibuat larutan fenol 150 ppm pada kondisi pH 2 yang merupakan konsentrasi dan pH optimum yang diperoleh dari uji sebelumnya. Selanjutnya ke dalam masing- masing botol larutan fenol tersebut ditambahkan adsorben berupa komposit ZnO/KA dengan berbagai variasi tersebut lalu di *shaker* selama 30 menit. Pada proses *shaker* ini, terjadi kontak antara adsorben dengan adsorbat, yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara partikel komposit ZnO/KA dengan fenol sehingga konsentrasi fenol setelah adsorpsi dapat menurun. Filtrat yang diperoleh lalu di analisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 270 nm.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, diperoleh hasil penentuan pengaruh berat adsorben yaitu komposit ZnO/KA terhadap penjerapan fenol. Banyaknya fenol yang teradsorpsi yang diperoleh dari setiap variasi berat komposit ZnO/KA 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram ; dan 2 gram secara berurutan yaitu 6,0415 mg/g ;

3,9323 mg /g ; 2,8251 mg/g ; dan 2,4745 mg/g. Dari data yang diperoleh, diketahui bahwa banyaknya fenol yang teradsorpsi nilainya semakin kecil seiring dengan semakin besar variasi adsorbennya.

Data % fenol teradsorpsi digunakan untuk memperjelas keadaan optimum dari variasi berat adsorben komposit ZnO/KA yang digunakan dengan melihat grafik hubungan antara berat komposit ZnO/KA dengan % fenol teradsorpsi. Dari data yang dihasilkan sesuai dengan tabel 3 tersebut, maka hubungan antara berat adsorben dengan presentase fenol yang teradsorpsi dapat dilihat pada Gambar 30.



Gambar 30. Kurva Penentuan Berat Adsorben Optimum Fenol

Selanjutnya dari gambar 30 tersebut, juga diperoleh hasil untuk masing-masing berat adsorben komposit ZnO/KA 0,5 gram ; 1 gram ; 1,5 gram ; dan 2 gram presentase adsorpsi yang dihasilkan untuk setiap variasi yaitu 40,277% ; 52,430% ; 56,503% ; dan 65,988%. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin banyak adsorben yang digunakan maka presentase fenol yang terjerap semakin banyak juga.

Informasi yang dapat diperoleh dari tabel 3 tersebut yaitu bahwa berat adsorben berbanding terbalik dengan kapasitas adsorpsi, dimana setiap peningkatan adsorben yang digunakan maka kapasitas adsorpsi yang dihasilkan semakin menurun.

Berdasarkan data banyaknya fenol yang teradsorpsi dan presentase adsorpsi yang dihasilkan, pada kondisi massa adsorben yang berbeda dan konsentrasi yang sama, kenaikan berat adsorben menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi akan tetapi meningkatkan presentase adsorpsi. Kapasitas adsorpsi menunjukkan banyaknya adsorbat yang diadsorpsi per massa adsorben, sehingga besarnya dipengaruhi besarnya massa adsorben. Jika massa adsorben dinaikkan, terjadi peningkatan situs aktif sehingga akan meningkatkan penyebaran adsorbat. Sebaliknya, presentase adsorpsi menyatakan banyaknya konsentrasi fenol yang diadsorpsi oleh adsorben sehingga nilainya ditentukan oleh perubahan konsentrasi fenol setelah diadsorpsi oleh adsorben. Semakin banyak adsorben yang digunakan, maka semakin banyak fenol yang diadsorpsi. Hal ini diperkuat oleh penelitian Barros dkk (2003) yang menyatakan bahwa pada saat ada sebuah peningkatan adsorben, maka ada penurunan kapasitas adsorpsi dan peningkatan presentase fenol teradsorpsi.

5.6.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak optimum merupakan keadaan dimana konsentrasi mampu teradsorpsi paling besar. Waktu kontak ini juga merupakan parameter penting dalam adsorpsi. Waktu kontak memiliki peran dalam proses adsorpsi, dimana semakin lama waktu kontak yang digunakan maka semakin banyak juga adsorbat

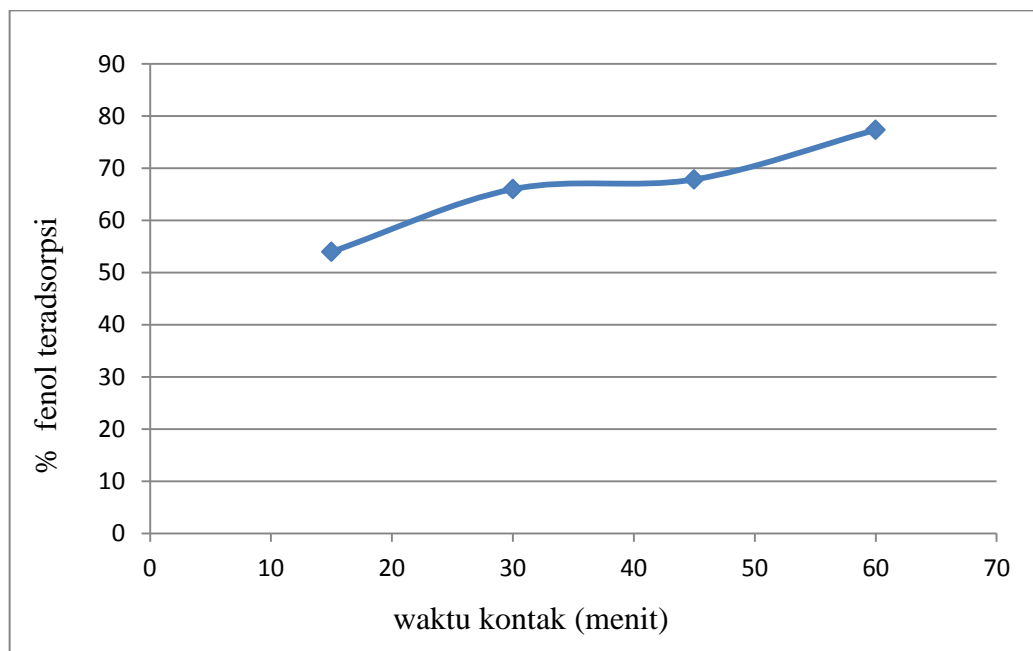
yang teradsorpsi oleh adsorben. Hal ini karena kontak yang terjadi antara adsorbat dengan adsorben lebih lama sehingga hasilnya lebih maksimal.

Langkah dalam penentuan waktu kontak optimum sama seperti pada penentuan ketiga kondisi optimum lainnya yang sebelumnya telah dilakukan. Variasi waktu kontak yang digunakan dalam penelitian yaitu 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Sebanyak 2 gram komposit ZnO/KA ditambahkan ke dalam setiap 150 ppm larutan fenol yang diatur pada pH 2, kemudian campuran di *shaker* dengan variasi waktu yang telah ditentukan. Kondisi yang digunakan tersebut merupakan kondisi optimum yang didapat dari penelitian penentuan pH optimum, konsentrasi optimum, dan berat optimum sebelumnya. Pada proses *shaker* ini, terjadi kontak antara adsorben dengan adsorbat, yang menyebabkan terbentuknya ikatan antara partikel komposit ZnO/KA dengan fenol sehingga konsentrasi fenol setelah adsorpsi dapat menurun. Filtrat lalu dianalisis menggunakan spektrofotometer *UV-Visible* pada panjang gelombang 270 nm.

Data yang diperoleh dari hasil perhitungan yaitu banyaknya fenol yang teradsorpsi oleh komposit ZnO/KA terhadap variasi waktu kontak 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit secara berurutan yaitu 2,0240 mg/g ; 2,4745 mg/g ; 2,5445 mg/g ; dan 2,9011 mg/g. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa seiring lamanya waktu kontak yang digunakan, fenol yang teradsorpsi juga semakin banyak. Sehingga dapat dikatakan bahwa waktu kontak mempengaruhi adsorpsi fenol oleh komposit ZnO/KA.

Data % fenol yang teradsorpsi digunakan untuk memperjelas keadaan optimum dari variasi perlakuan waktu kontak yang diberikan dengan melihat

grafik hubungan antara waktu kontak dengan % fenol teradsorpsi. Dari data pada tabel di atas, kemudian dapat dibuat hubungan antara waktu kontak dengan presentase fenol yang teradsorpsi seperti pada Gambar 31.



Gambar 31. Kurva Penentuan Waktu Kontak Optimum Fenol

Presentase adsorpsi komposit ZnO/KA dalam penjerapan fenol pada waktu kontak 15 menit yaitu sebesar 53,975 %. Pada waktu kontak 30 menit dihasilkan presentase adsorpsi 65,988%. Variasi waktu kontak 45 menit dan 60 menit presentase adsorpsinya masing-masing yaitu 67,854% dan 77,365.

Semakin lama waktu interaksi antara komposit ZnO/KA (adsorben) dengan fenol (adsorbat) memungkinkan banyaknya tumbukan yang terjadi sehingga fenol yang terjerap semakin banyak. Oleh karena itu hasilnya lebih maksimal dan efektif pada keadaan waktu kontak optimum yang dalam penelitian ini yaitu pada waktu kontak 60 menit. Hasil ini didasarkan pada banyaknya fenol yang terjerap oleh komposit ZnO/KA dan nilai presentase adsorpsi yang paling banyak.

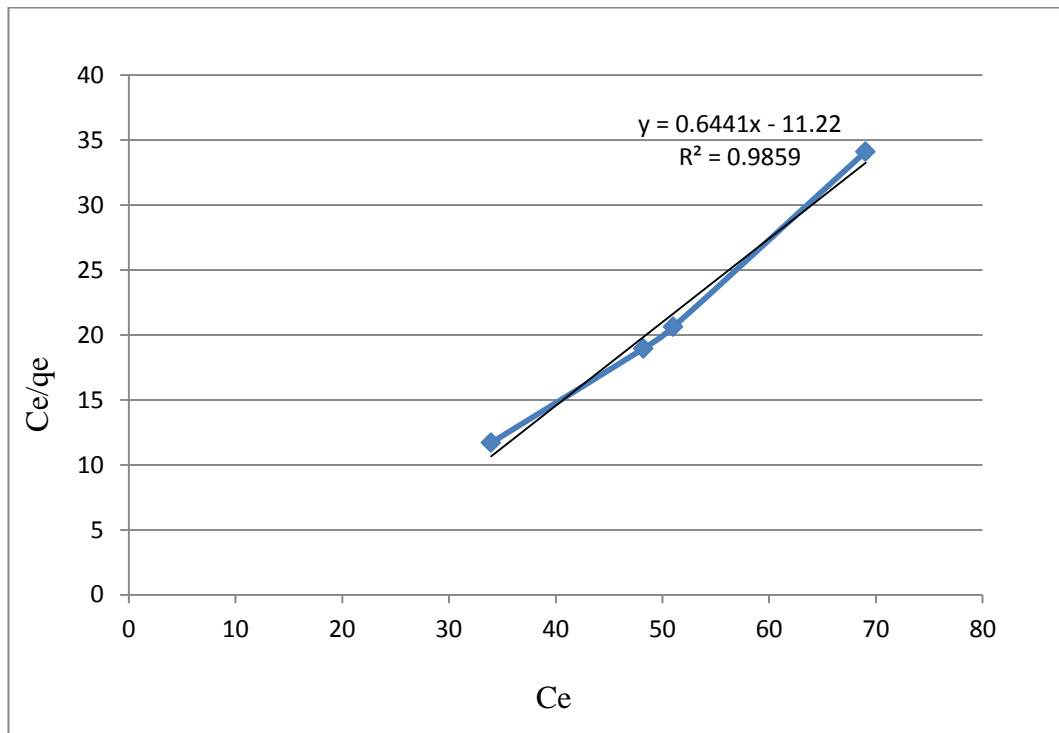
5.7 Isoterm Adsorpsi

Pendekatan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi yang terbentuk. Mekanisme pada saat adsorpsi merupakan keadaan dimana adsorbat berdifusi melalui lapisan batas ke permukaan luar adsorben, yang mana sebagian adsorbat tersebut teradsorpsi ke permukaan luar adsorben, dan sebagian lagi berdifusi ke dalam pori-pori adsorben. Jika kapasitas adsorpsi masih besar, maka sebagian akan teradsorpsi di permukaan adsorben.

Jenis adsorpsi dalam penelitian ini yaitu adsorpsi fase padat cair, yang pada umumnya jenis adsorpsi ini menganut tipe isoterm Langmuir dan Freundlich (Atkins,1999).

Pengujian model kesetimbangan ini dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan yang sesuai pada penelitian ini. Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan dengan merubah persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich menjadi kurva kesetimbangan garis lurus. Selanjutnya untuk penentuan model kesetimbangan dilihat pada nilai koefisien determinan (R^2) yang memiliki nilai yang tinggi. Penentuan tipe isoterm adsorpsi dilakukan pada kondisi dimana terjadi proses adsorpsi paling besar. Keadaan tersebut ada pada kondisi variasi waktu kontak.

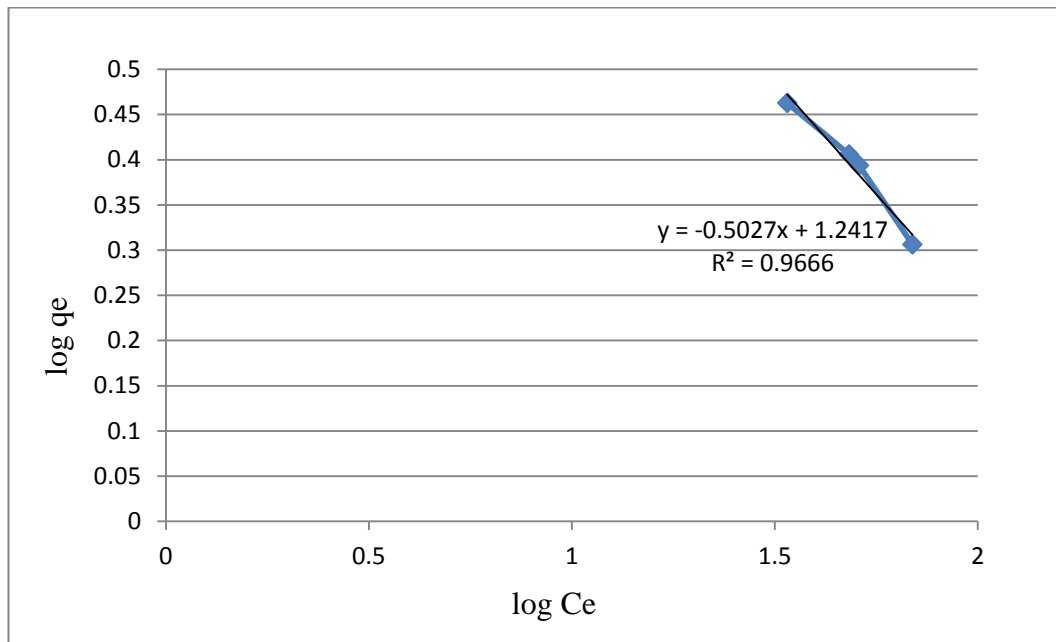
Pemetaan yang dilakukan menggunakan *excel* untuk membuat kurva isoterm Langmuir dapat dilakukan dengan cara memplotkan C_e vs C_e/q_e , dimana C_e merupakan konsentrasi akhir yang diperoleh dan C_e/q_e merupakan konsentrasi akhir yang diperoleh dibagi banyaknya zat yang teradsorpsi. Kurva isoterm adsorpsi Langmuir yang diperoleh yaitu seperti pada Gambar 32.



Gambar 32. Kurva Isoterm Adsorpsi Langmuir Fenol

Persamaan linear yang diperoleh dari kurva isoterm adsorpsi Langmuir untuk fenol diatas yaitu, $y = 0,6441x - 11,22$ dengan $R^2 = 0,9859$. Nilai $R^2 = 0,9859$ menunjukkan bahwa linearitas pada adsorpsi tersebut tinggi. Dari persamaan linear tersebut, kemudian juga ditentukan kapasitas adsorpsinya (q_m) dan energi adsorpsinya (k_L). Nilai q_m dan k_L diperoleh berdasarkan perhitungan sesuai dengan rumus.

Sedangkan kurva isoterm adsorpsi Freundlich, diperoleh dengan memplotkan $\log C_e$ vs $\log q_e$. $\log C_e$ merupakan log dari konsentrasi akhir setelah adsorpsi, sedangkan $\log q_e$ adalah log dari banyaknya fenol yang teradsorpsi. Kurva yang diperoleh sesuai dengan hasil yaitu ada pada Gambar 33.



Gambar 33. Kurva Isoterm Adsorpsi Freundlich Fenol

Persamaan linear yang diperoleh dari kurva isoterm adsorpsi Freundlich untuk fenol diatas yaitu, $y = -0,5027x + 1,2417$ dengan $R^2 = 0,9666$. Nilai $R^2 = 0,9666$ menunjukkan bahwa linearitas pada adsorpsi tersebut tinggi. Dari persamaan linear tersebut, kemudian juga ditentukan kapasitas adsorpsinya (k) dan intensitas adsorpsinya (n). Nilai k_F dan N dapat diperoleh dari perhitungan sesuai dengan rumus.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Isoterm Adsorpsi

Isoterm Adsorpsi					
Langmuir			Freundlich		
qm (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	k_F (mg/g)	n	R^2
1,552554	-0,0574	0,9859	17,4462	-1,9893	0,9666

Parameter q_m menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum monolayer adsorben, dan parameter k_L menyatakan konstanta afinitas yang menunjukkan kekuatan ikatan molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat diperoleh informasi bahwa kemampuan adsorpsi

relatif komposit ZnO/KA dalam menyerap fenol ditunjukkan oleh nilai q_m , yang dalam penelitian ini nilainya sebesar 1,552554 mg/g. Nilai q_m ini menyatakan harga kapasitas adsorpsi maksimum komposit ZnO/KA dapat menyerap fenol. Sedangkan untuk parameter k_L yang mempunyai nilai sebesar -0,05741 L/mg menyatakan kekuatan interaksi antara adsorbat dengan adsorben, yang dalam penelitian ini yaitu interaksi fenol dengan komposit ZnO/KA. Nilai negatif dari energi adsorpsi ini menyatakan bahwa adsorpsi berlangsung secara spontan.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, kapasitas adsorpsi komposit ZnO/KA yang dihitung menggunakan metode Freundlich sebanyak 17,44616598 mg/g. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi komposit ZnO/KA dalam mengadsorpsi fenol besar. Sedangkan untuk nilai intensitas adsorpsi yang diperoleh yaitu sebesar -1,989258007. Nilai k_F dan N dapat mengindikasikan keseimbangan antara adsorben dan adsorbat. Jika nilai yang dihasilkan tersebut bermuatan positif, maka keseimbangan itu ada dan terjadi. Sedangkan jika nilai yang diperoleh negatif, maka mengindikasikan tidak adanya keseimbangan diantara keduanya.

Penentuan penggunaan model isoterm adsorpsi yang sesuai dengan penelitian ini dilihat dari harga koefisien korelasi (R^2) yang mendekati nilai 1. Hal tersebut sesuai dengan Kundari & Wiyuniati (2008), yang menyatakan bahwa untuk menentukan tipe isoterm adsorpsi Langmuir ataupun Freundlich, dapat ditentukan dari nilai koefisien korelasi (R^2). Jika pada plot data kurva linear diperoleh persamaan linear dengan nilai R^2 mendekati 1, maka data percobaan tersebut mengikuti model kesetimbangan tersebut. Nilai yang diperoleh yaitu

untuk tipe isoterm adsorpsi Langmuir diperoleh nilai $R^2 = 0,9859$ dan untuk isoterm adsorpsi Freundlich nilai R^2 yang didapat dari persamaan linearnya yaitu sebesar 0,9666.

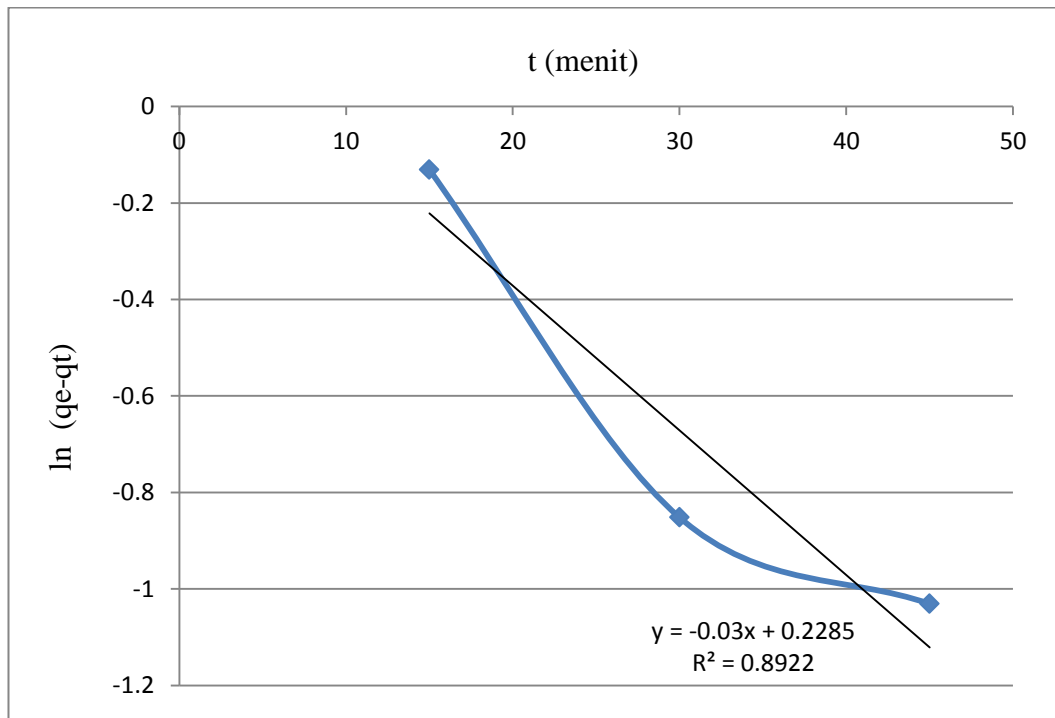
Berdasarkan pada nilai R^2 yang diperoleh, dari kedua model isoterm adsorpsi tersebut, dapat diketahui bahwa nilai R^2 untuk model kesetimbangan Langmuir maupun Freundlich mendekati nilai 1. Dengan demikian, model isoterm adsorpsi Langmuir maupun Freundlich dapat digunakan dalam mencirikan mekanisme adsorpsi fenol oleh komposit ZnO/KA.

5.8 Kinetika Adsorpsi

Pendekatan kinetika adsorpsi menyatakan kecepatan reaksi adsorpsi adsorbat oleh adsorben. Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui laju adsorpsi yang terjadi pada adsorben terhadap adsorbat yang dipengaruhi oleh waktu kontak. Dalam penelitian ini, laju adsorpsi ditentukan dengan menduga orde reksinya. Orde reaksi laju suatu reaksi kimia diartikan sebagai kecepatan terjadinya suatu reaksi. Sehingga dari data kinetika adsorpsi yang diperoleh, dapat dipahami dinamika proses adsorpsi berdasarkan orde adsorpsi.

Kinetika adsorpsi fenol oleh komposit ZnO/KA ini dievaluasi berdasarkan persamaan reaksi orde satu semu (*Pseudo First Order*) dan orde dua semu (*Pseudo Second Order*) pada variasi waktu kontak 15, 30, 45, dan 60 menit.

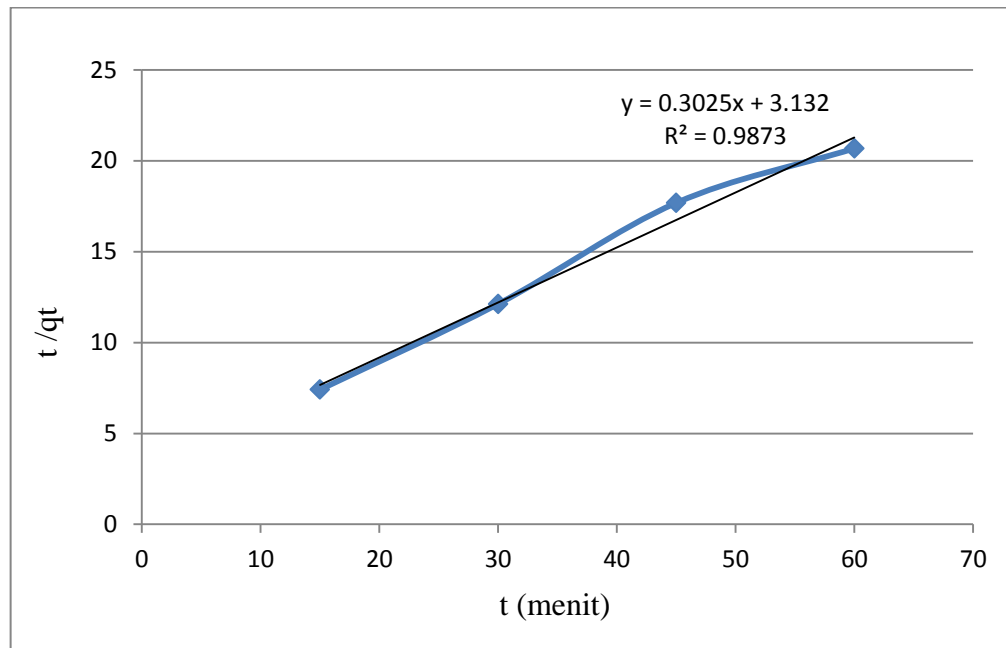
Kinetika orde satu dapat diperoleh dengan cara membuat kurva hubungan antara $\ln(q_e - q_t)$ vs t . Berdasarkan data yang telah diolah, diperoleh kurva untuk kinetika orde satu semu (*Pseudo First Order*) seperti Gambar 34.



Gambar 34. Kurva Kinetika Adsorpsi Orde Satu Semu

Dari gambar 34 tersebut, persamaan linear yang diperoleh untuk kinetika adsorpsi orde satu yaitu $y = -0,03x + 0,2285$ dengan $R^2 = 0,08922$. Berdasarkan persamaan linearnya juga diperoleh informasi mengenai nilai slope dan gradiennya sebesar 0,03 serta dengan 0,2285 untuk nilai intersepnya. Untuk menentukan nilai k_1 dan q_e teoritisnya digunakan rumus $\frac{k_1}{2,303} = m$. Sedangkan untuk q_e teoritisnya berdasarkan rumus $\log q_e = k_1$.

Sedangkan untuk kinetika orde dua semu (*Pseudo Second Order*) diperoleh dengan cara memplotkan t / qt vs t . Kurva untuk kinetika orde dua semu (*Pseudo Second Order*) yang dihasilkan seperti pada Gambar 35.



Gambar 35. Kurva Kinetika Adsorpsi Orde Dua Semu

Persamaan linear yang diperoleh untuk perhitungan orde dua yaitu $y = 0,3025x + 3,132$ dengan $R^2 = 0,9873$. Dari persamaan tersebut, diketahui harga slope dan gradiennya sebesar 0,3025 dengan nilai intersep 3,132. Dari nilai yang dihasilkan dari persamaan linear tersebut, ditentukan nilai q_e teoritis dan k_2 berdasarkan $m = \frac{1}{q_e}$ dan $b = \frac{1}{k_2 q_e^2}$.

Dari hasil yang diperoleh, pada Tabel 4 merupakan perbandingan nilai q_e teoritis, konstanta laju reaksi, dan regresi linear dari orde satu semu dan orde dua semu.

Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Kinetika Adsorpsi

Kinetika Adsorpsi					
Orde satu semu			Orde dua semu		
q_1 (mg/g)	k_1 (min ⁻¹)	R^2	q_2 (mg/g)	k_2 (g/mg.min)	R^2
0,8529	-0,06909	0,8922	3,3058	0,02922	0,9873

Untuk menentukan orde yang digunakan dilihat berdasarkan nilai q_e pada penelitian mendekati nilai q_e teoritis, nilai k dan R^2 yang mendekati nilai 1. Berdasarkan data perbandingan tersebut, diperoleh informasi bahwa dalam penelitian ini cenderung mengikuti orde dua. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai q_e yang digunakan pada penelitian lebih mendekati nilai q_e teoritis dari orde dua semu, yaitu 2,9012 mg/g lebih mendekati 3,3058 mg/g dibandingkan 0,8529mg/g hasil dari orde satu semu. Kemudian untuk nilai k dan R^2 yang diperoleh menjelaskan bahwa dibandingkan nilai $k_1 = -0,06909 \text{ min}^{-1}$, nilai $k_2 = 0,02922 \text{ g.mg.min}$ lebih mendekati nilai 1. Kemudian juga didukung dengan hasil nilai R^2 yang diperoleh yaitu untuk orde satu semu nilai R^2 nya sebesar 0,8922, sedangkan pada orde dua semu nilai R^2 nya lebih mendekati 1, yaitu sebesar 0,9878.

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil yaitu :

1. Pembuatan komposit ZnO/KA dari karbon aktif tempurung kelapa sawit dan ZnO telah berhasil dilakukan dengan metode hidrotermal pada suhu 250°C selama 2,5 jam dan mampu digunakan sebagai adsorben. Hal tersebut dibuktikan dari hasil analisis menggunakan Spektrofotometer *UV-Vis* yang menunjukkan bahwa komposit ZnO/KA mampu menyerap fenol hingga konsentrasi fenol dapat berkurang.
2. Hasil dari FTIR untuk komposit ZnO/KA ditunjukkan dengan adanya serapan pada bilangan gelombang 414,05 cm⁻¹ dan 443,79 cm⁻¹ (vibrasi ulur Zn-O) sebagai ciri ZnO, puncak serapan 1032,56 cm⁻¹ (C-O alifatik) sebagai ciri karbon aktif. Karakterisasi menggunakan SEM-EDX memberikan hasil bahwa komposit ZnO/KA memiliki morfologi volume pori yang besar dan dalam, dengan kandungan dominan berupa unsur C sebesar 53,69% dan unsur Zn sebanyak 27,73%. Karakterisasi dengan XRD memberikan hasil bahwa pada sudut 2θ 8,307° dan 23,596° menandakan karbon aktif dan puncak spesifik pada sudut 2θ 31,798° ; 34,444° dan 36,326° mencirikan kristal ZnO berbentuk wurzite. Untuk hasil karakterisasi SAA, luas permukaan yang diperoleh sebesar 76,2215 m²/g, dengan volume pori sebesar 0,0497816 cc/g, dan ukuran pori adsorpsi yang terbentuk sebesar

3. 1,63465 nm. dari SEM-EDX menunjukkan bahwa morfologi volume pori komposit ZnO/KA terlihat lebih besar dan lebih dalam, sehingga adsorpsi dapat berjalan secara maksimal. Untuk hasil dari SAA dapat diketahui luas permukaan yang diperoleh sebesar 76,2215 m²/g, dengan volume pori sebesar 0,0497816 cc/g, dan ukuran pori adsorpsi yang terbentuk sebesar 1,63465 nm. Berdasarkan hal tersebut, komposit ZnO/KA memenuhi kriteria dan mampu digunakan sebagai adsorben dalam menjerap fenol.
4. Komposit ZnO/KA efektif digunakan sebagai adsorben dalam penjerapan fenol pada kondisi pH 2, dengan konsentrasi fenol 150 ppm, menggunakan adsorben sebanyak 2 gram, dan waktu kontak selama 60 menit.

6.2 SARAN

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai pembuatan komposit dengan cara memodifikasi karbon aktif dengan bahan logam oksida yang lainnya serta pengaplikasian komposit sebagai adsorben untuk senyawa kimia yang berbahaya seperti logam berat ataupun zat warna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abassi, W, A, And Streat, M., 1994, Adsorption of Uranium from aqueous solution using activated carbon, *Separ, Sci, Technol*, 29 : 1217-1225.
- Abdullah, Mikrajuddin dan Khairurrijal., 2009, Karakterisasi Nanomaterial, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*, 2(1) : 1-9.
- Adamson, A, W., 1990, *Physical Chemistry of Surface*, 5th ed. New York : John Willey & Sons.
- Akhmad Herman Yuwono, Binghai Liu, Jun Mien Xue, John Wang, Hendry Izaac Elim, Wei Ji, and Timothy John White, 2004, Controlling the Crystallinity and Nonlinear Optical Properties Of Transparent TiO₂-PMMA nanohybrids, *Journal of Material Chemistry*, 14(20) 2978-2987.
- Alaerts, G., dan Santika, S. S., 1984, *Metode Penelitian Air*, Usaha Nasional, Surabaya.
- Alberty, R.A and Daniel, F., 1983, *Physical Chemistry*, John Willey and sons inc, Canada.
- Allen, T, 1997, *Surface Area and Pore Size Determination*, Chapman & Hall, London.
- Amelia, Rizki., Pandapotan, Harlanto., dan Purwanto., 2013, Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi sebagai Katalis Ramah Lingkungan pada Proses Hidrolisis Biomassa, *J, Teknologi Kimia dan Industri*, 2(4) : 146-156.
- Anggraningrum, L.T., 1996, Model Adsorpsi Ion Kompleks Koordinasi Nikel (II) pada Permukaan Alumina, *Tesis*, Magister Sains Ilmu Kimia Universitas Indonesia, Jakarta.
- Angraini, R., Wahyuni, N., dan Gusrizal., 2015, Adsorpsi Fenol oleh Kombinasi Adsorben Zeolit Alam dan Karbon Aktif dengan Metode Kolom, *JKK*, 4 : 21-26.
- Apriliani, A., 2010, *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb Dalam Air Limbah*, Jakarta : UIN Syarif Hidayatullah.
- Ardiana, I., 2006, Kajian Proses Pemucatan Minyak Nilam Menggunakan Asam Sitrat pada Skala Pilot Plant, *Skripsi S1*, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Arief, M., 2011, Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Seng Oksida (ZnO) dengan Metode Proses Pengendapan Kimia Basah dan Hidrotermal untuk

- Aplikasi Fotokatalis, *Skripsi*, Program Studi Teknik Metalurgi dan Material, Fakultas Teknik, Unuversitas Indonesia, Depok.
- Arnold, C. A., Hergenrother, P. M, dan Mcgrth, J. E., 1992, *An Overview of Organic Polymer Matrix Resin for Composites Applications, The Role of Matrix, Fiber, and Interface*. VCH Publisher Inc, USA.
- Asano, N., J. Nishimura, K. Nishimiya, T. Hata, Y. Imamura, and S. Isihara, 1999, Formaldehyde Reduction in Indoor Enviroments by Wood Charcoals, *Wood Research*, 86 : 7-8.
- Atkins, P, W., 1999, *Kimia Fisika 2*, Erlangga, Jakarta.
- Azamia, M, 2012, Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Kimi dalam Penurunan Kadar Organik serta Logam Berat Fe, Mn, Cr dengan Metode Koagulasi dan Adsorpsi, *Skripsi*, FMIPA Universitas Indonesia, Depok.
- Barrow, G.M., 1988, *Physical Chemistry*, Mc.Graw Hill International, Singapura.
- Behera, J, K., 2009, Synthesis and characterization of ZnO nanoparticles, *Thesis of Master Science Degree in Physics*, National Institute of Technology Rourkela, India, Orissa.
- Bird, T., 1993, *Kimia Fisika untuk Universitas*, Cetakan ke-2, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Bishop, R. J dan Smallman, R. E., 2000, *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Bahan (Terjemahan)*, Erlangga, Jakarta.
- Budiono, A., Suhartana, dan Gunawan, 2009, Pengaruh Aktivasi Arang Tempurung Kelapa dengan Asam Sulfat dan Asam Fosfat untuk Adsorpsi Fenol, *Ejournal*, Universitas Diponegoro.
- Buhani, Narsito, Nuryono, and E.S. Kuntari, 2009, Amino and Merkpto-Silika Hybrid for Cd (II) Adsorption in Aqueous Solution. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(2) : 170-176.
- Busca, G., 2014, *Heterogeneous Catalytic Materials: Solid State Chemistry, Surface Chemistry and Catalytic Behaviour*, Newnes.
- Byrne, J. F and Masrh, H., 1995, *Introductory Overview : Porosity in Carbon*, London : Edward Arnold.
- Chen, J., Wan, X., Shi, X., and Pan, R., 2010, Synthesis of Zinc Oxide/Activated Carbon Nano-composites and Photodegradation of Rhodamin B, *Enviromental Engineering Science*, 29 (6) : 392-398.
- Cullity, B.D., 1978, *Elements of X-Ray Diffraction, 2nd Edition*, Addison Wesley Publishing Company Inc, Phillippines.

- Cullity, B, D and Stock, S,R., 2001, *Elements of X-Rays Diffraction, 3rd Edition*, Adison-Wesley Publishing Company Inc, USA.
- Elly, K, 2008, Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Arang Aktif, *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknik*, 8(2) : 96-103.
- E. Vourdrias, K. Fytianos, dan E. Bozani, 2002, Sorption-Desorption Iosterm of Dyes from Aqueous Solution and Waste Water with Different Sorbent Materials, *J. Global Nest*, 4(1) : 75-83.
- Fatimah, I, 2004., *Adsorpsi dan Katalisis Menggunakan Material Berbasis Clay*, Graha Ilmu, Jogjakarta.
- Fatmawati, 2006, *Kajian Cd(II) oleh Biomassa Potamogeton (Rumput Naga) yang Terimobilkan Pada Silica Gel*, Banjarbaru : FMIPA Universitas Lampung Mangkurat.
- Giwangkara S, E, G, 2006, Aplikasi Logika Syarat Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi menggunakan Spektrofometer Infra Merah Transfomasi Fourier (FTIR), *Skripsi*, Sekolah Tinggi Energi dan Mineral.
- Goldberg, David E., 2007, *Kimia Untuk Pemula*, Erlangga, Jakarta.
- Haimour, N.M. and S. Emeish. 2006. Utilization of Date Stones for Production of Activated Carbon Using Phosphoric Acid, *Waste Management*, 26 : 651-660.
- Hamamah, F. Dan Trihadiningrum, Y., 2008, Penyisihan Fenol Pada Limbah Industri Dari PT XYZ Dengan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*), *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII*, Program Studi MMT-ITS, Surabaya.
- Han, Z, Liao, L, Wu, Y, Pan, H, Shen, S, and Chen, J., 2010, Synthesis and Photocatalytic Application of Oriented Hierarchical ZnO Flower-rod Architectures, *Journal of Hazardous Materials*, 6(217) : 100-106.
- Harvey, D., 2000, *Chemistry : Modern Analitical Chemistry First Edition*, The Mc-Graw Hill Company, USA.
- Henny Setyaningsih, 2008, Pengolahan Limbah Batik Dengan Proses Kimia dan Adsorpsi Karbon Aktif, *Tesis*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hernandezbattez, A., Gonzales, R., Viesca, J., Fernandez, J., Diazfernandez, J., Machado, A., Cou, P., dan Riba, J., 2008, CuO, ZrO₂, and ZnO Nanoparticles as Antiwear Additive in Oil Xlubricants, *Wear*, 265(3-4) : 422-428.

- Hidayatuloh, R., Subagio, A., dan Nurhasanah, I., 2012, Fotokatalitik ZnO:KA pada Penjernihan Air Kali Banger Semarang, *Jurnal Sains dan Matematika*, 20(4) : 89-92.
- Irma, Kyndy Nopiani., Wahyuni, Nelly., Zharah, Titin Anita, 2015, *Adsorpsi Fenol Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dengan Metode Kolom*, FMIPA, Universitas Tanjungpura.
- Ismadji, S, Dan Bhatia, S, K., 2001, Characterization of Activated Carbon Using Liquid Phase Adsorbtion, *Carbon*, 39 : 1237-1250.
- Jia YF, Thomas KM., 2000, Adsorption of Cadmium ions in oxygen surface site in activated carbon, *Langmuir*, 16(3) : 1114-1122.
- Jing, C, Xinlan, W, Xiaobao, S, and Rpngkan, P., 2012, Synthesis of Zinc Oxide/Acrivated Carbon Nano-Composites and Photodegradation of Rhodamin B, *J, Enviromental Engineering Sci*, 29(6) : 393-399.
- Juiandini, Fitrianita dan Trihadiningrum, Yulinah, 2008, Uji Kemampuan Karbon Aktif dari Limbah Kayu dalam Sampah Kota untuk Penyisihan Fenol, *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi VII Program Studi MMT-ITS, Surabaya Februari 2008*. ISBN : 978-979-99735-4-2.
- Kadir, Syahraeni., Darmadji, Purnama., Hidayat, Chusnul and Supriyadi, 2010, Fraksinasi dan Identifikasi Senyawa Volatil Pada Asap Cair Tempurung Kelapa Hibrida, *Agritech*, 30(2) :57-67.
- Ketaren, 1986, *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Khan, Z.R., Khan, M.Z., and Zulfequar, M., 2011, Optical and Structural Properties of ZnO Thin Films Fabricated by Sol-Gel Method, *Material Science and Applications*, 2 : 340-345.
- Khopkar, S.M., 1984, *Konsep Dasar Kimia Analitik*, UGM-Press, Yogyakarta.
- Kirk, R.E. and D.F. Othmer, 1992, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 3rd edition, vol 12, Interscience Publishing Incorporated New York.
- Krevelen, D. W. Van, 1994, Properties of Polymers, Their Correlation with Chemical Structure, Their Numerical Estimated and Prediction From Additional Group Contribution. 3rd ed. *Elsevier Science B, V-Ansterdam*, Nederlands
- Kundari, N. A. & Wiyuniati, S., 2008, Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit, *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*, Yogyakarta, 25-26 Agustus 2008,

- Marshall, W, E, Dan Mitchell, M, J., 1996, Agriculture by-product as metal adsorbent : sorption properties and resistance to mechanical abrasion, *J, Chem, Technol, Biotechnol*, 66 : 92-198.
- Martin, Alfred., 1993, *Farmasi Fisik*, jilid II Edisi III, Jakarta: UI-Press, Jakarta.
- Martin, M.J., Artola, M.D. Balaguer, and M. Rigola, 2003, Activated Carbons Developed from Surplus Sewage Sludge for The Removal of Dyes from Dilute Aqueous Solution, *Chemicals Engineering Journal*, 94 : 231-39.
- Masuda, Y., dan Kato, K., 2008, Liquid-Phase Patterning and Microstructure of Anatase TiO₂ films on SnO₂ : F Substrates Using Superhydrophilic Surface. *Chemistry of Material*, 20 : 1057 – 1063.
- Mehta, P. K, 1986, *Structure, Properties, and Material*, Prentice Hall, New Jerse.
- Mikrajuddin, A., dan Khairurrijal, 2009, Karakterisasi Nanomaterial. Review, *J, nanosains, nanotekno*, 2(1) : 1 – 9, ISSN 1979-0880.
- Muchit, M, A., Prasetya, N, B, A., dan Khabibi., 2013, Sintesis dan Aplikasi Komposit ZnO-Karbon Aktif untuk Fotodegradasi Direct Blue 3R serta Fotoreduksi Ion Logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ secara Stimulan, *Chem Info*, 1(1) : 345-354.
- Mukaromah, A. H., 2004, Pengaruh Ion Fe (III) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi p-Klorofenol Terkatalisis TiO₂, *Tesis*, Jurusan Kimia, FMIPA UGM, Yogyakarta.
- Nugroho, P, 2004, *Devais Mikroelektronika ZnO*, Teknik Elektro, UGM, Yogyakarta
- Oscik, J., 1982, Adsorption, England : Ellos Horwood.
- Panwar, R, S., 2009, Preparation of modified ZnO nanoparticles by sol-gel process and their characterization, *Thesis of Master of Technology Degree in Material Science ang Engineering*, Thapar University, Patiala.
- Pembayung, Gilar S, Remigius, Y. E., Yulianto, M., Rachimoellah, dan Endah, M, M., 2013, Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl dan Na₂CO₃ Sebagai Adsorben Untuk Menentukan Kadar Fenol Dalam Air Limbah, *Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Kimia, FTI-ITS, Surabaya.
- Perdana, Ginting, 2007, *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*, Yrama Widya, Bandung.
- Petrucci, 1987, *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern* Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

- Prabarini, N. Dan D.G. Okayadnya, 2014, Penyisihan Logam Besi (Fe) pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2) : 33-41.
- Prasetyo, A., Baroroh, H., Umah, S., 2012, Pembuatan Abu Sekam Padi Dari Berbagai Suhu Pengabuan Terhadap Kapasitas Kaolin, *Journal of Chemistry*. 1 : 2.
- Pujianto, T, H., 2009, Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida dan Temperatur 22 Anil terhadap Struktur Nano dan Tingkat Kristalinitas TiO₂ Nanotubes, *Prosiding*, Seminar Material Metalurgi, LIPI, Serpong.
- Pujiyanto, 2010, Pembuatan Karbon Aktif Super Dari Baru Bara Dan Tempurung Kelapa, *Skripsi*, Depok, Departemen Teknik Kimia FTUI
- Purwanto, Djoko., 2011, Arang Dari Limbah Tempurung Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 26(1) : 57-66.
- Putra, R, S, A., 1998, Desain Alat Pemucat Minyak Akar Wangi Skala Industri Kecil, *Skripsi*, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Rahmayani, Fatimah dan Siswarni, MZ, 2013, Pemanfaatan Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif pada Pengukuran Kadar Klorin dalam Air Olahan (*Treated Water*), *Jurnal Teknik Kimia*, 2(2) : 1-5.
- Rahmi, 2007, Adsorpsi Fenol pada Membran Komposit Kitosan Berikatan Silang, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 6(1) : 28-34.
- Rahmi, M. Dan I.S. Octania, 2010, Pembuatan Karbon Aktif dari Batu Bara Peringkat Rendah, *Jurnal Riset & Teknologi*, ISSN : 1412-3819, 10(2) : 60-114.
- Rohman, A., 2007, *Kimia Farmasi Analisis*, Pustaka Belajar, Yogyakarta.
- Rumidatul, A., 2006, Efektivitas Arang Aktif sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah, Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Safi'i, F.F., dan Mirtalis, 2013, Pemanfaatan Limbah Padat Proses Sintesis Pembuatan Furfural Dari Sekam Padi Sebagai Arang Aktif, *UNESA Journal Of Chemistry*, 2(2) : 8-16.
- Saini, J., Gupta, R, K., Kataria, N., 2017, Removal Of Orange G And Rhodamin B Dyes From Aqueous System Using Hydrothermal Synthesized Zinc Oxide Loaded Activated Carbon (ZnO-AC), *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5 : 884-892.

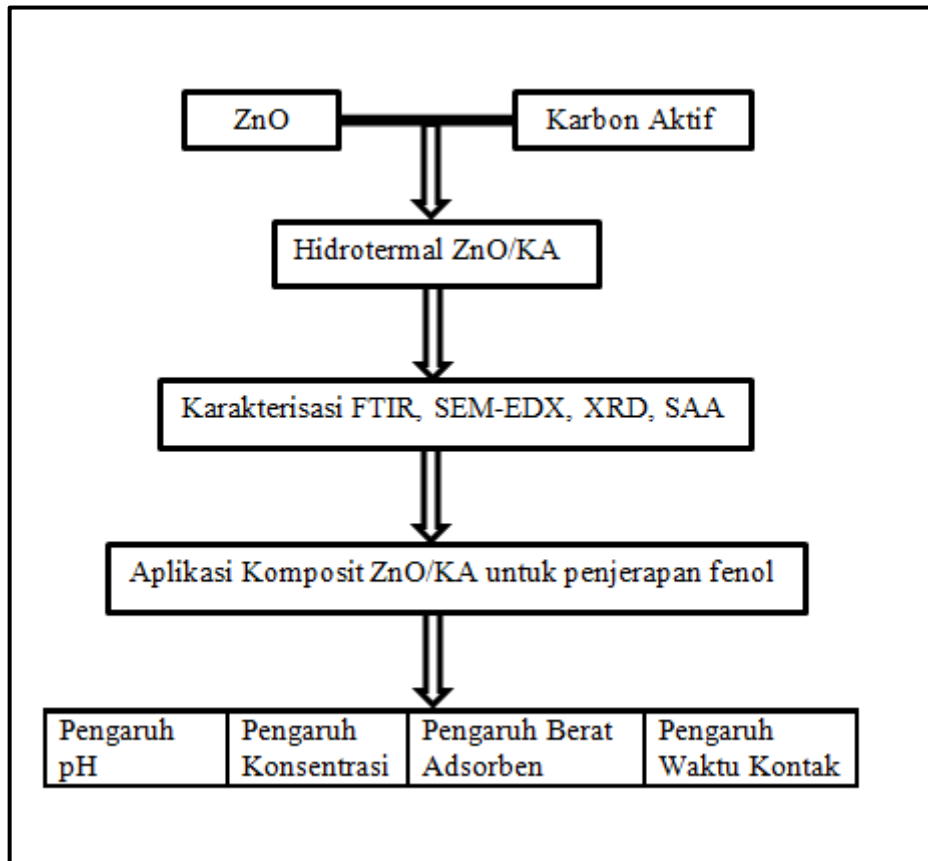
- Sakthivel, S., Neppolian, B., and Shanker M., 2001, Solar Photocatalytic Degradation of Azo Dye : Comparison of Photocatalytic Efficiency of ZnO and TiO₂, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 77 : 62-82.
- Saraswati, I, G, A, A., Diantariani, N, P., dan Suarya, P., 2015, Fotodegradasi Zar Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis ZnO/KA dan Sinar Ultraviolet (UV), *Jurnal Kimia*, 9(2) : 175-182.
- Sari, L, N., 2014, Modifikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Amonia (NH₃), Karakterisasi dan Aplikasi pada Pemisahan Logam Fe dan Cu dalam Minyak Nilam, *Skripsi*, Program Studi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Sastrohamidjodjo, H, 1991, *Spektrofotokopi Edisi Kedua*, Liberty, Yogyakarta.
- Sastrohamidjodjo, Harjono., 2001, *Kimia Dasar*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Septiani, U., Bella, I., dan Syukri., 2014, Pembuatan dan Karakterisasi Katalis ZnO/Karbon Aktif dengan Metode Solid State dan Uji Aktifitas Katalitiknya pada Degradasi Rhodamin B, *J, Ris, Kim*, 7(2) : 180-185.
- Serrano, G.V., V.J. Pator, F.A. Perez, V.C Duran, and C.C. Valenzuela, 1996, FT-IR Study of Rockrose and of Char Activated Carbon, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 3 : 71-80.
- Sheindorf, CH., 1980, *A Freundlich-Type Multicomponent Isotherm*, Division of Environment and Water Resourch Engineering, Departement of Chemical Engineering, Technion Israel Institute of Technology, Haifa, Israel.
- Silverstain, R. M., dan Bassler, G, C., 1967, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, Second Edition, New York : John Wiley and Sons.
- Silverstain, R.M., and Webster, F.X., 1981, *Spectrometric Identification of Organik Compounds*, Seventh Edition, John Wiley and Sons Inc, New York.
- Silverstein, R, M., Webster, F., dan Kiemle, D, J., 2005, *Spectrometric Identification of Organic Compounds, Seventh edition*, John Wiley & sons, Inc, USA.
- Sinaga, P., 2009, Pengaruh Temperatur Annealing Terhadap Struktur Mikro, Sifat Listrik dan Sifat Optik dari Film Tipis Oksida Konduktif Transparan ZnO : Al yang dibuat dengan Teknik Screen Printing, *Jurnal Pengajaran MIPA*, 14 (2) : 51-59.

- Singh, B., And Alloway, B, J., 2006, *Adsorptive Minerals To Reduce The Availability Of Cadmium And Arsenic In Contaminated Soils*, School Of Land, Water & Crop Sciences, University Of Sidney.
- Siregar, D., 2009, Penggunaan Nano Kitosan Sebagai Penyalut Karbon Aktif untuk Menyerap Logam Stannum dengan Spektrofotometri Serapan Atom, Tesis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Slamet, R. Arbianti dan Daryanto, 2005, Pengolahan Limbah Organik (Fenol) dan Logam Berat (Cr^{6+}) atau (Pt^{4+}) secara Stimulan Dengan Fotokatalis TiO_2 , ZnO-TiO_2 , dan CdS-TiO_2 , *Makara, Teknologi*, Universitas Indonesia, Fakultas Teknik, Depok, 9(2) : 66-7.
- Slamet, A., dan Masduqi, A., 2000, *Satuan Proses*, Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Suharyana, 2012, *Dasar-Dasar dan Pemanfaatan Metode Difraksi Sinar-X*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Suhendra, D dan E.R Gunawan, 2010, Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II), *Makara Sains*, 14 (1) : 22-26.
- Sukardjo, 1985, *Kimia Anorganik*, Bina Aksara, Yogyakarta.
- Supriyanto, M., 2014, *Kajian Adsorpsi Ion-ion Logam Divalen Ca (II), Cu (II), dan Cd (II) Oleh Biomassa Alga Merah (Porphyridium Sp.)*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Tay, J.H., X.G. Chen, S. Jeyaseelan, and N. Graham, 2001, A Comparative Study of Anaerobically Digested and Undigested Sewage Sludges in Preparation of Activated Carbons, *Chemosphere*, 44 : 53-57.
- Tilman, D., 1981, *Wood Combution : Principles, Processes, and Economics*, Academics Press Inc., New York.
- West, A, R., 1984, *Solid State Chemistry and its Applications*, John Willey & Sons, Singapura.
- Wibowo, N., Setiawan, J., dan Ismadi, S, 2004, Modifikasi Gugus Aktif Suatu Karbon Aktif dan Karakterisasinya, *J, Tek, Kim*, Ind, 3 : 39-46.
- Widiarsi, S, W., 2008, *Pengaruh Bahan Baku Terhadap Kadar Senyawa Fenol Pembuatan Asap Cair (Liquid Smoke) dari Limbah Kelapa Sawit Di Kabupaten Pasisir-Kalimantan Timur*, Program Pasca Sarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Wijaja, T, 2009, *Studi Proses Hybrid : Adsorpsi Pada Karbon Aktif/ Membran Bioreaktor Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Wirawan, Teguh, 2012, *Adsorpsi Fenol Oleh Arang Aktif Dari Tempurung Biji Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*, Universitas Mulawarman-Samarinda.
- Wismayanti, D, A., Diantariani, N, P., Santi, S, R., 2015, Pembuatan Komposit ZnO/KA Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Metilen Biru, *Jurnal Kimia*, 9(1) : 109-116.
- Yanagisawa, K, & Overstone, J., 1999, Crystallization of Anatase from Amorphous Titania Using the Hydrothermal Technique : Effect of Starting Material and Temperature, *The Journal of Physical Chemistry B*, 103(37) : 7781-7787.

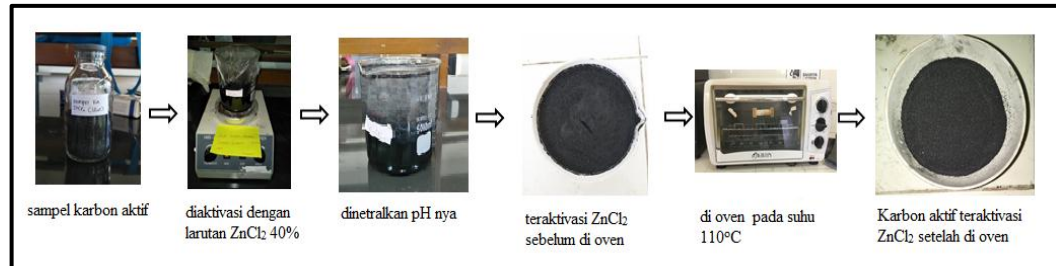
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian

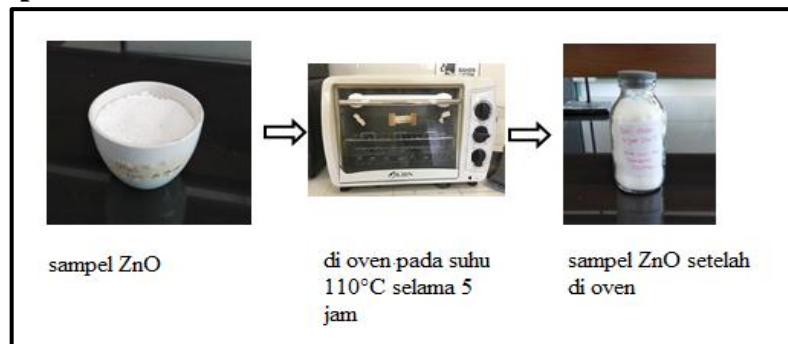


Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian

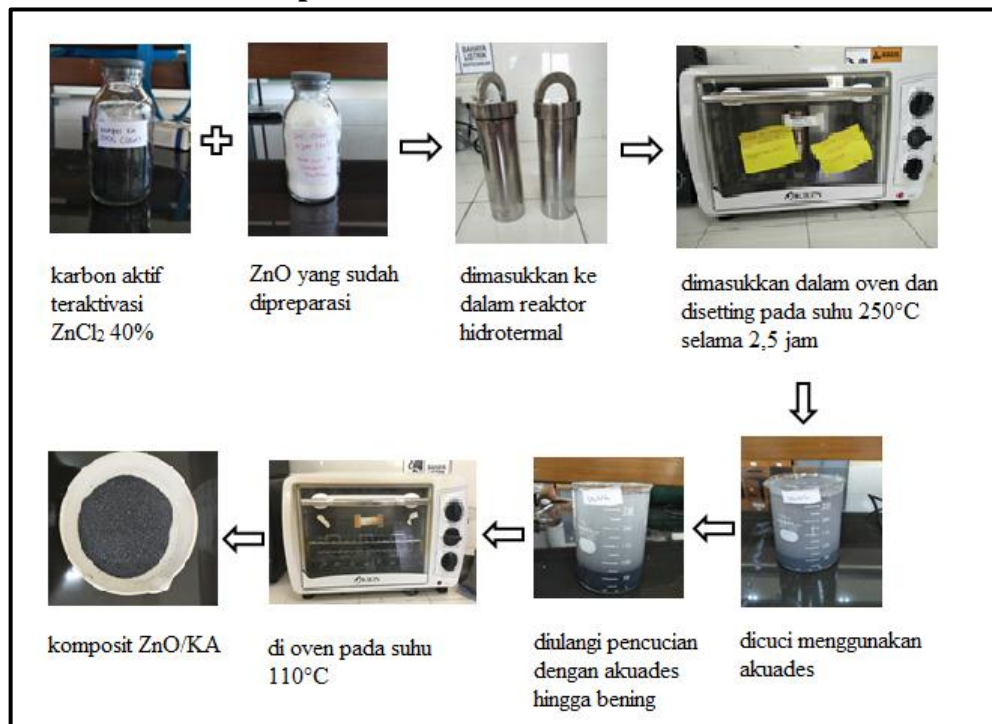
2.1 Aktivasi karbon aktif



2.2 Preparasi ZnO

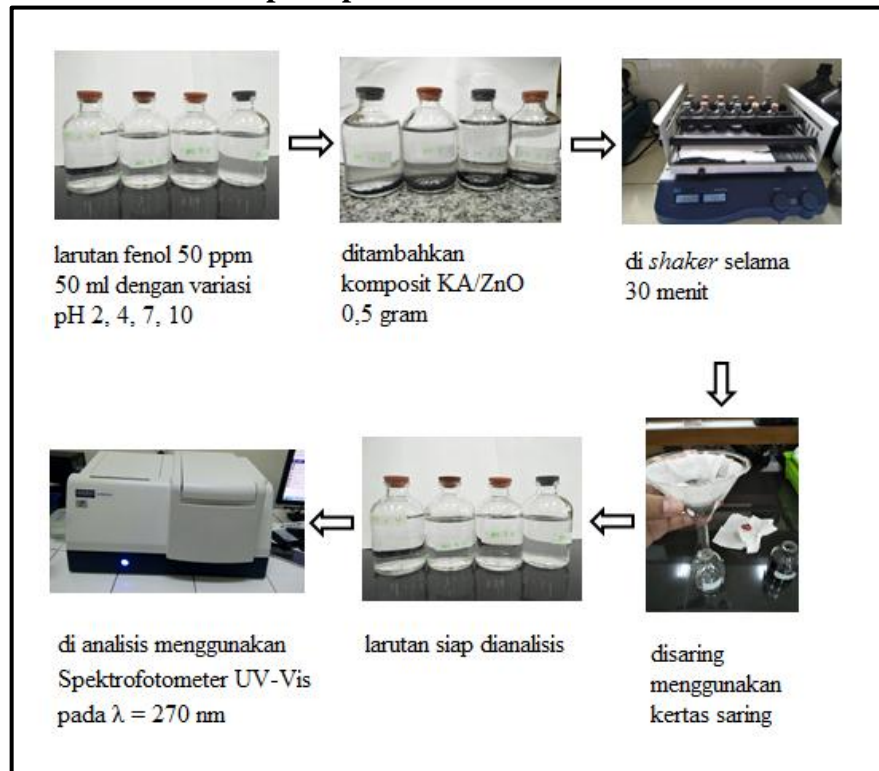


2.3 Pembuatan komposit ZnO/KA

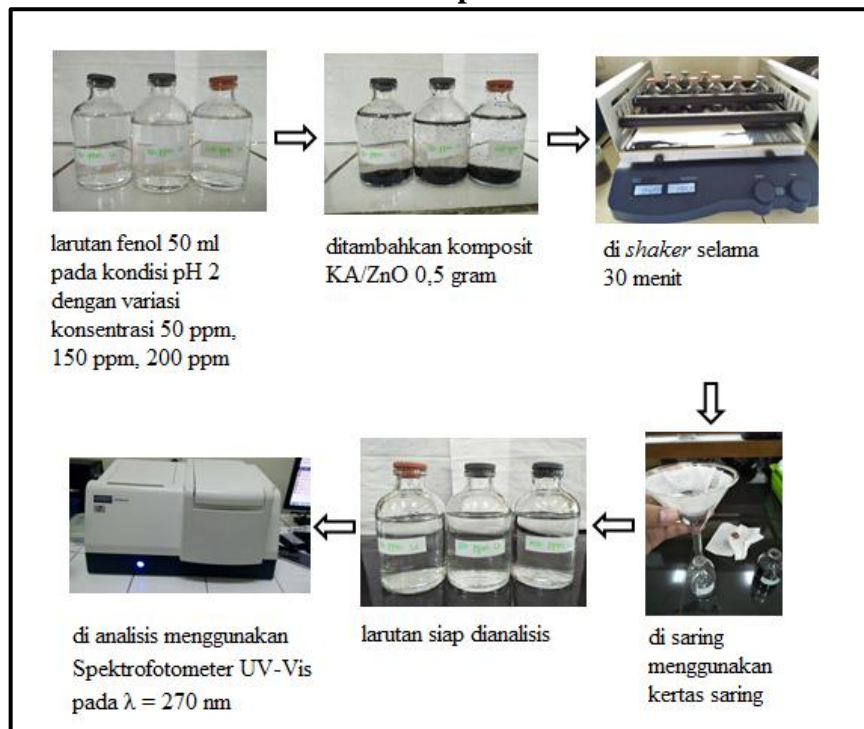


2.4 Aplikasi komposit ZnO/KA sebagai adsorben dalam penjerapan fenol

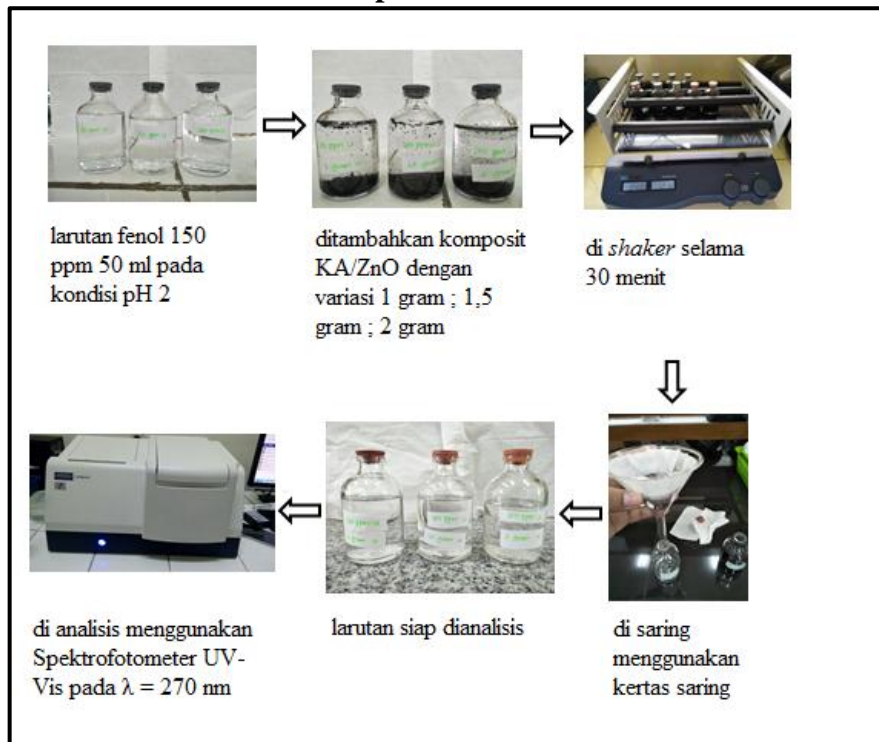
2.4.1 Penentuan pH Optimum



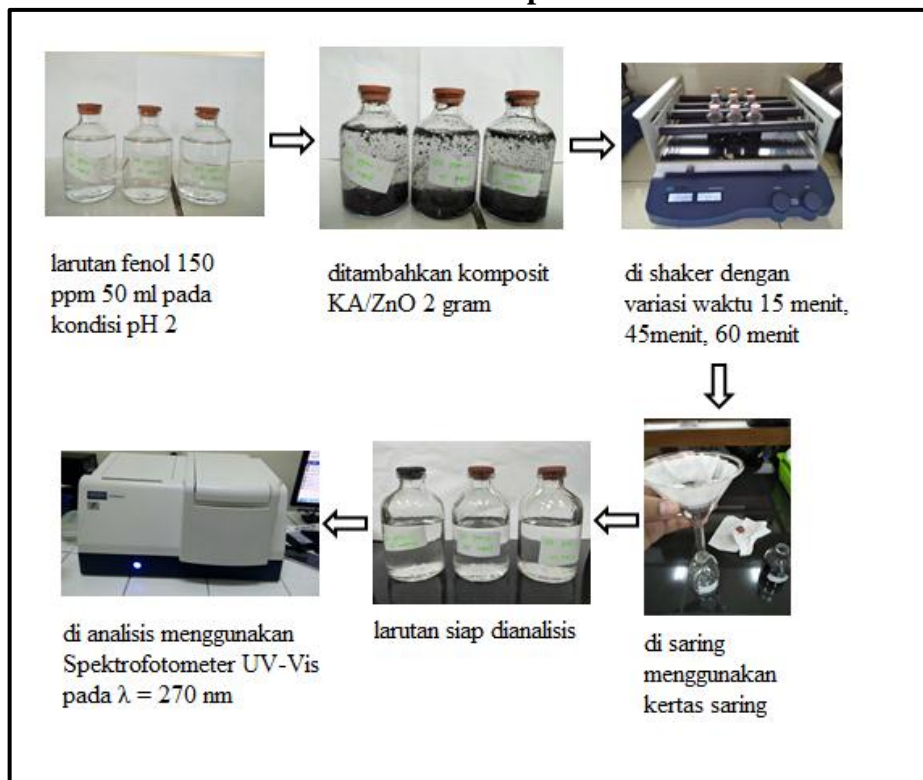
2.4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum



2.4.3 Penentuan Berat Optimum



2.4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum



Lampiran 3. Perhitungan

3.1 Perhitungan Pembuatan Larutan ZnCl₂ 40%

Pembuatan larutan 5M ZnCl₂ 150 ml

$$\begin{aligned}\text{Mol ZnCl}_2 &= M \times V \\ &= 5M \times 0,15 \text{ L} \\ &= 0,75 \text{ mol}\end{aligned}$$

$$\text{Mol ZnCl}_2 = \frac{\text{massa ZnCl}_2}{M_r \text{ ZnCl}_2}$$

$$0,75 \text{ mol} = \frac{\text{massa ZnCl}_2}{136,29 \text{ gram/mol}}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa ZnCl}_2 &= 136,29 \text{ gram/mol} \times 0,75 \text{ mol} \\ &= 102 \text{ gram}\end{aligned}$$

Pembuatan larutan ZnCl₂ 40% dari larutan ZnCl₂ 5M

$$\% \text{ larutan} = \frac{\text{massa ZnCl}_2}{\text{Volume ZnCl}_2 \text{ yang dibutuhkan (ml)}} \times 100\%$$

$$40\% = \frac{102 \text{ gram}}{\text{Volume ZnCl}_2 \text{ yang dibutuhkan (ml)}} \times 100\%$$

$$\text{Volume ZnCl}_2 \text{ yang dibutuhkan (ml)} = 255 \text{ ml}$$

3.2 Perhitungan Pembuatan Larutan Induk Fenol

Larutan induk fenol 1000 ppm dibuat di dalam labu ukur 500 ml

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg/L}$$

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg} / 1000 \text{ ml}$$

$$1000 \text{ ppm} = x / 500 \text{ ml}$$

$$x = 500 \text{ mg}$$

$$x = 0,5 \text{ gram}$$

3.3 Perhitungan Pembuatan Larutan Standar Fenol

3.3.1 Pembuatan Larutan Standar Fenol 20 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000\text{ppm} \cdot V_1 = 20 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{20 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

3.3.2 Pembuatan Larutan Standar Fenol 40 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000\text{ppm} \cdot V_1 = 40 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{40 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

$$V_1 = 2 \text{ ml}$$

3.3.3 Pembuatan Larutan Standar Fenol 60 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000\text{ppm} \cdot V_1 = 60 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{60 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

$$V_1 = 3 \text{ ml}$$

3.3.4 Pembuatan Larutan Standar Fenol 80 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000\text{ppm} \cdot V_1 = 80 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{80 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

$$V_1 = 4 \text{ ml}$$

3.3.5 Pembuatan Larutan Standar Fenol 100 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000\text{ppm} \cdot V_1 = 100 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ppm} \cdot 50\text{ml}}{1000\text{ppm}}$$

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

Lampiran 4. Analisis Data

4.1 Penentuan pH Optimum

variasi pH	w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Abs	Ce (mg/L)	C selisih (mg/L)	qe (mg/g)	% teradsorpsi
2	0,5	30	100	1,283	74,1882	25,8118	2,58118	25,8118
4	0,5	30	100	1,483	86,5248	13,4752	1,34752	13,4752
7	0,5	30	100	1,362	79,0275	20,9725	2,09725	20,9725
10	0,5	30	100	1,397	81,2158	18,7842	1,87842	18,7842

4.2 Penentuan Konsentrasi Optimum

pH	w (g)	t (menit)	Variasi Co (mg/L)	Abs	Ce (mg/L)	C selisih (mg/L)	qe (mg/g)	% teradsorpsi
2	0,5	30	50	0,62	33,174	16,826	1,6826	33,652
2	0,5	30	100	1,283	74,1882	25,8118	2,58118	25,8118
2	0,5	30	150	1,532	89,5851	60,4149	6,04149	40,2766
2	0,5	30	200	2,279	135,7267	64,2733	6,42733	32,13665

4.3 Penentuan Berat Optimum

pH	Variasi w (g)	t (menit)	Co (mg/L)	Abs	Ce (mg/L)	C selisih (mg/L)	qe (mg/g)	% teradsorpsi
2	0,5	30	150	1,532	89,5851	60,4149	6,04149	40,2766
2	1	30	150	1,238	71,3548	78,6452	3,93226	52,43013333
2	1,5	30	150	1,139	65,2461	84,7539	2,82513	56,5026
2	2	30	150	0,909	51,0181	98,9819	2,4745475	65,98793333

4.4 Penentuan Waktu Kontak Optimum

pH	w (g)	Variasi t (menit)	Co (mg/L)	Abs	Ce (mg/L)	C selisih (mg/L)	qe (mg/g)	% teradsorpsi
2	2	15	150	1,2	69,0375	80,9625	2,0240625	53,975
2	2	30	150	0,909	51,0181	98,9819	2,4745475	65,98793333
2	2	45	150	0,863	48,2196	101,7804	2,54451	67,8536
2	2	60	150	0,633	33,9522	116,0478	2,901195	77,3652

Lampiran 5. Isoterm Adsorpsi

t (menit)	Co	Ce	C selisih	qe	Ce/ qe	log Ce	log qe
15	150	69,0375	80,9625	2,02406	34,10838351	1,83909	0,30622
30	150	51,0181	98,9819	2,47455	20,61714313	1,70772	0,3935
45	150	48,2196	101,78	2,54451	18,95044625	1,68322	0,4056
60	150	33,9522	116,048	2,9012	11,7028328	1,53087	0,46258

5.1 Isoterm Langmuir

Penentuan harga a (qm)

$$y = 0,6441x - 11,22$$

$$R^2 = 0,9859$$

$$m = \frac{1}{a}$$

$$0,6441 = \frac{1}{a}$$

$$a = \frac{1}{0,6441}$$

$$a = 1,552554 \text{ mg/g}$$

Jadi nilai qm yaitu 1,552554 mg/g

Penentuan harga b (kL)

$$y = 0,6441x - 11,22$$

$$R^2 = 0,9859$$

$$-11,22 = \frac{1}{a \cdot b}$$

$$1,552554 \cdot b = \frac{1}{-11,22}$$

$$1,552554 \cdot b = -0,08912656$$

$$b = \frac{-0,08912656}{1,552554}$$

$$b = -0,0574 \text{ L/mg}$$

Jadi nilai b yaitu -0,0574 L/mg

5.2 Isoterm Freundlich

$$y = -0,5027x + 1,2417$$

$$R^2 = 0,9666$$

Penentuan nilai kF

$$\text{Log kF} = b$$

$$\text{Log kF} = 1,2417$$

$$kF = 17,446166 \text{ mg/g}$$

Jadi nilai kF yaitu 17,446166 mg/g

Penentuan nilai N

$$m = \frac{1}{N}$$

$$-0,5027 = \frac{1}{N}$$

$$N = \frac{1}{-0,5027}$$

$$N = -1,989258007$$

Jadi nilai kF yaitu 1,989258007

Lampiran 6. Kinetika Adsorpsi

t (menit)	qe	qt	(qe-qt)	ln (qe-qt)	t /qt
15	2,9011195	2,024062 5	0,8771325	- 0,131097215	7,410838351
30		2,474547 5	0,4266475	- 0,851797134	12,12342863
45		2,54451	0,356685	-1,03090224	17,68513388
60		2,901195	0	#NUM!	20,68113312

Penentuan k_1 qe teoritis orde satu

$$y = -0,03x + 0,2285$$

$$R^2 = 0,8922$$

$$\frac{k_1}{2,303} = m$$

$$\frac{k_1}{2,303} = -0,03$$

$$k_1 = -0,03 \cdot 2,303$$

$$k_1 = -0,06909 \text{ min}^{-1}$$

Jadi nilai k_1 sebesar $-0,06909 \text{ min}^{-1}$

$$\text{Log } qe = k_1$$

$$\text{Log } qe = -0,06909 \text{ min}^{-1}$$

$$qe = 10^{-0,06909}$$

$$qe = 0,8529 \text{ mg/g}$$

Jadi nilai qe teoritis sebesar 0,8529 mg/g

Penentuan k_2 qe teoritis orde satu

$$y = 0,3025x + 3,132$$

$$R^2 = 0,9873$$

$$\frac{1}{qe} = m$$

$$\frac{1}{qe} = 0,3025$$

$$qe = \frac{1}{0,3025}$$

$$qe = 3,3058 \text{ mg/g}$$

Jadi nilai qe teoritis sebesar 3,3058 mg/g

$$b = \frac{1}{k_2 \cdot qe^2}$$

$$3,132 = \frac{1}{k_2 \cdot 3,3058^2}$$

$$k_2 = \frac{1}{10,9283 \cdot 3,132}$$

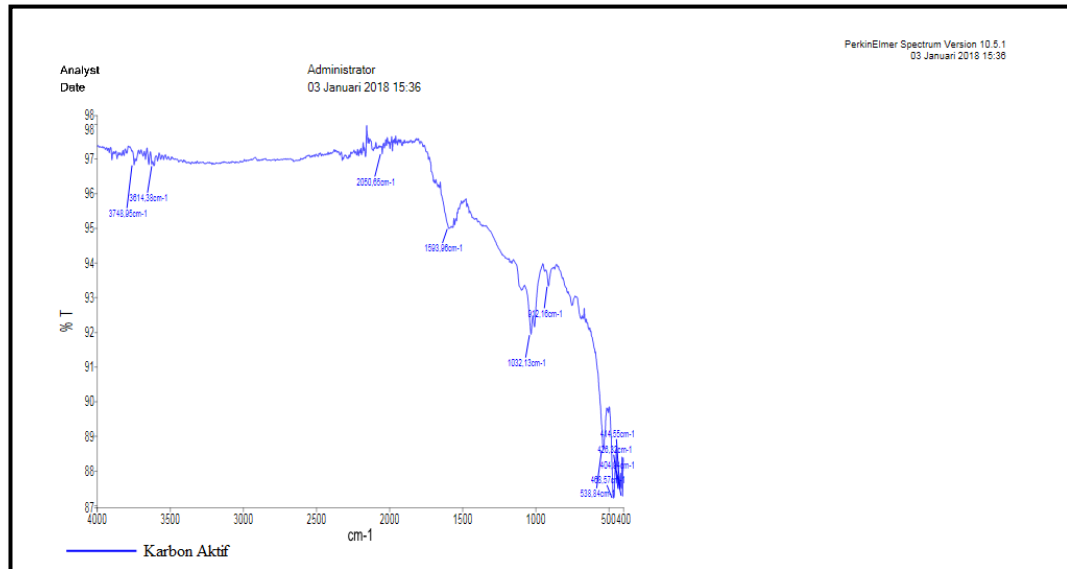
$$k_2 = \frac{1}{34,2274}$$

$$k_2 = 0,02922 \text{ g/mg} \cdot \text{min}$$

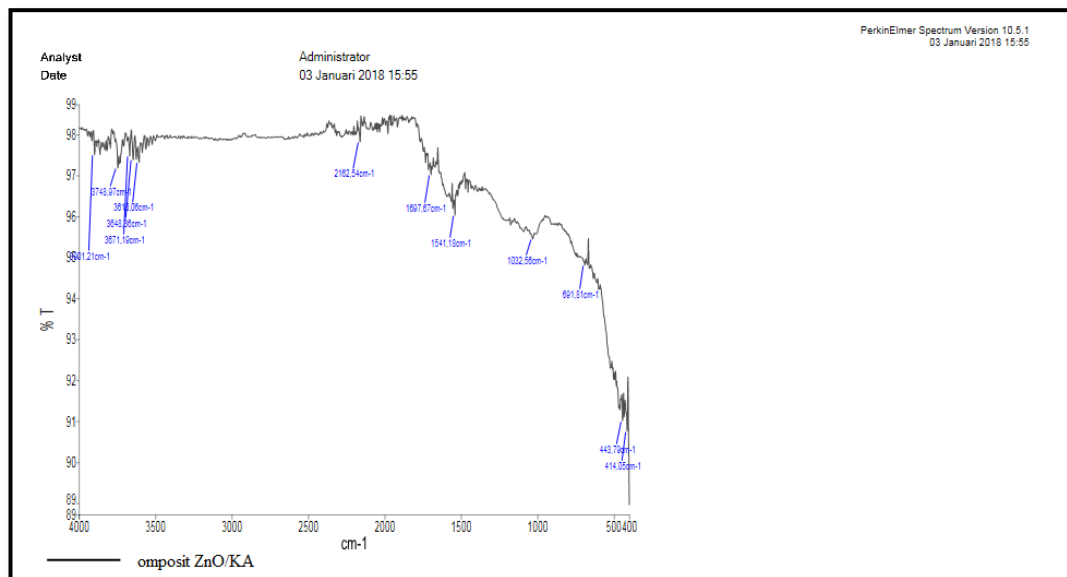
Jadi nilai k_2 sebesar 0,02922 g/mg.min

Lampiran 7. Hasil Karakterisasi

7.1 Data Hasil Karakterisasi FTIR

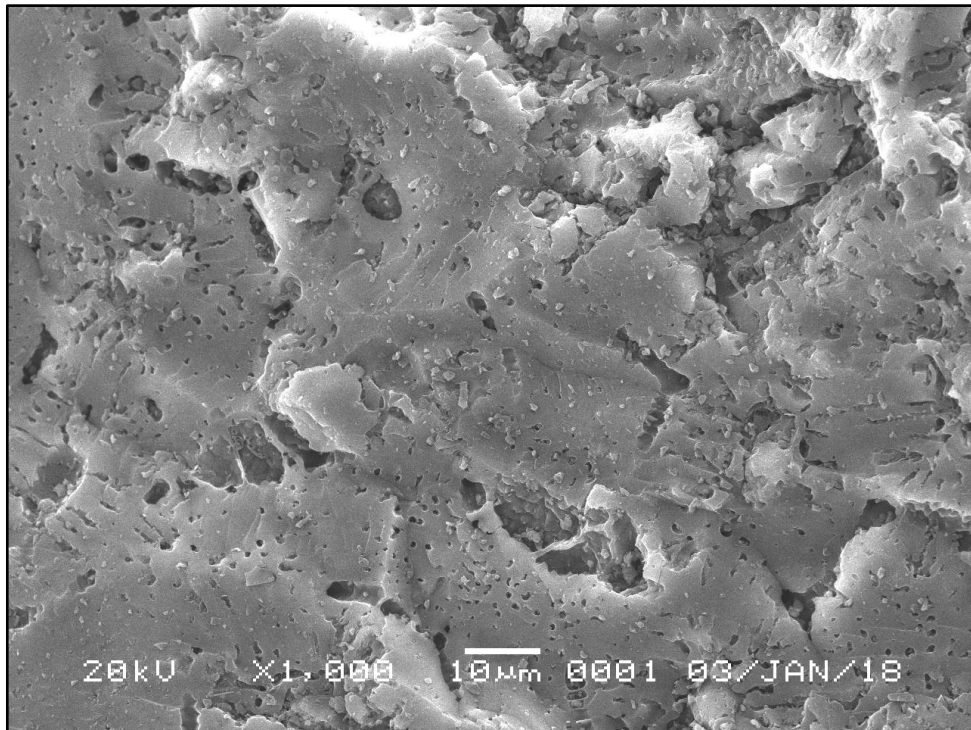


Hasil FTIR Karbon Aktif

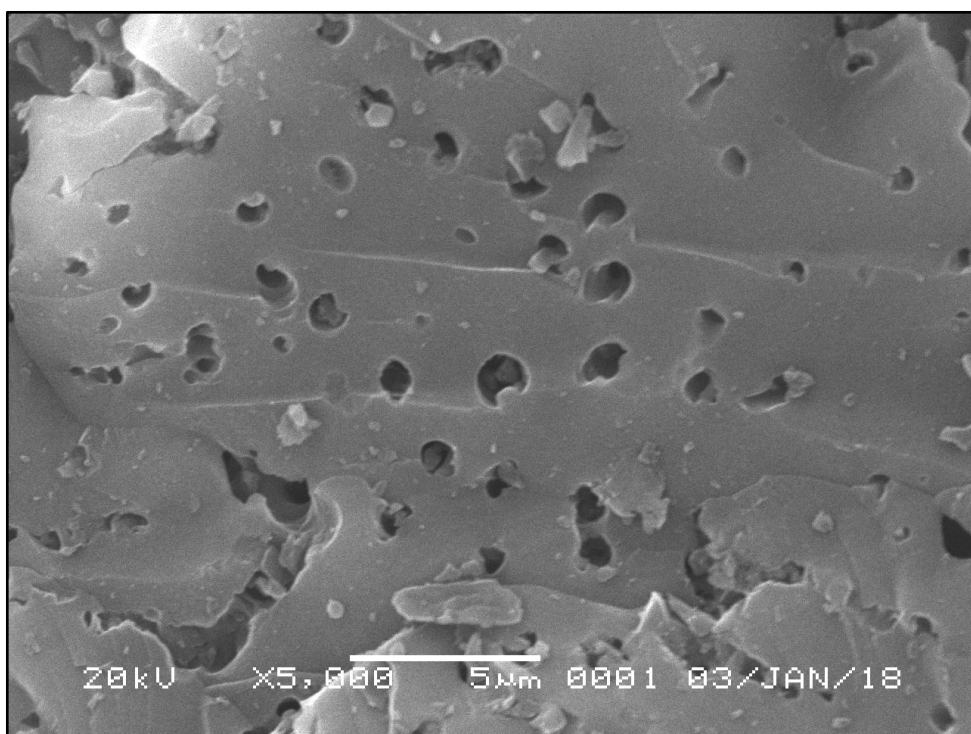


Hasil FTIR Komposit ZnO/KA

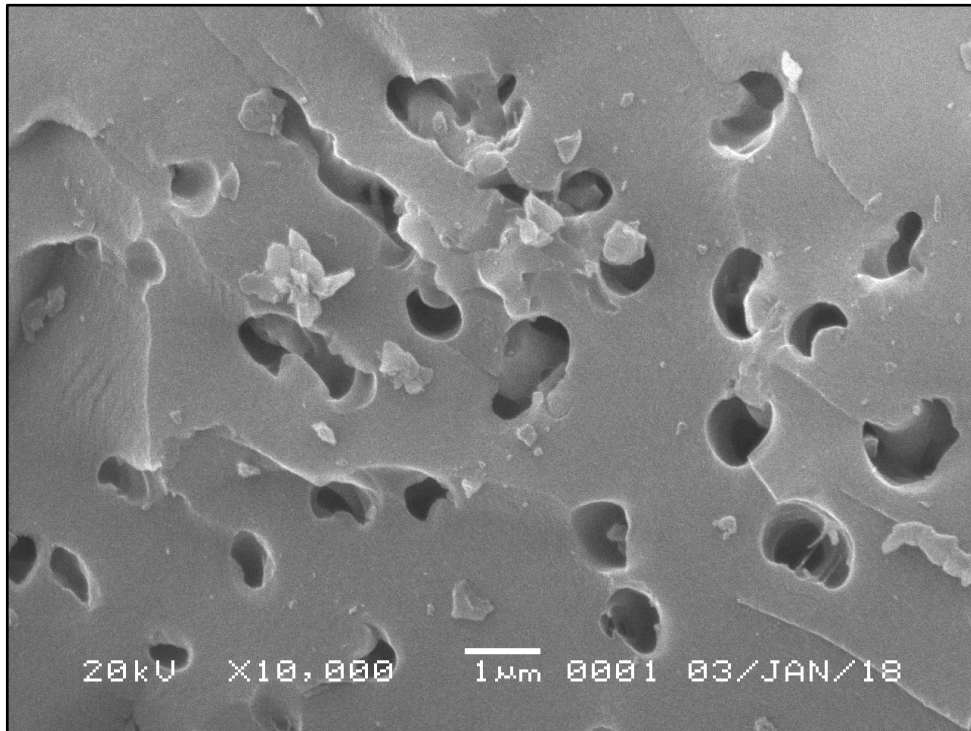
7.2 Data Hasil Karakterisasi SEM-EDX
Karbon Aktif



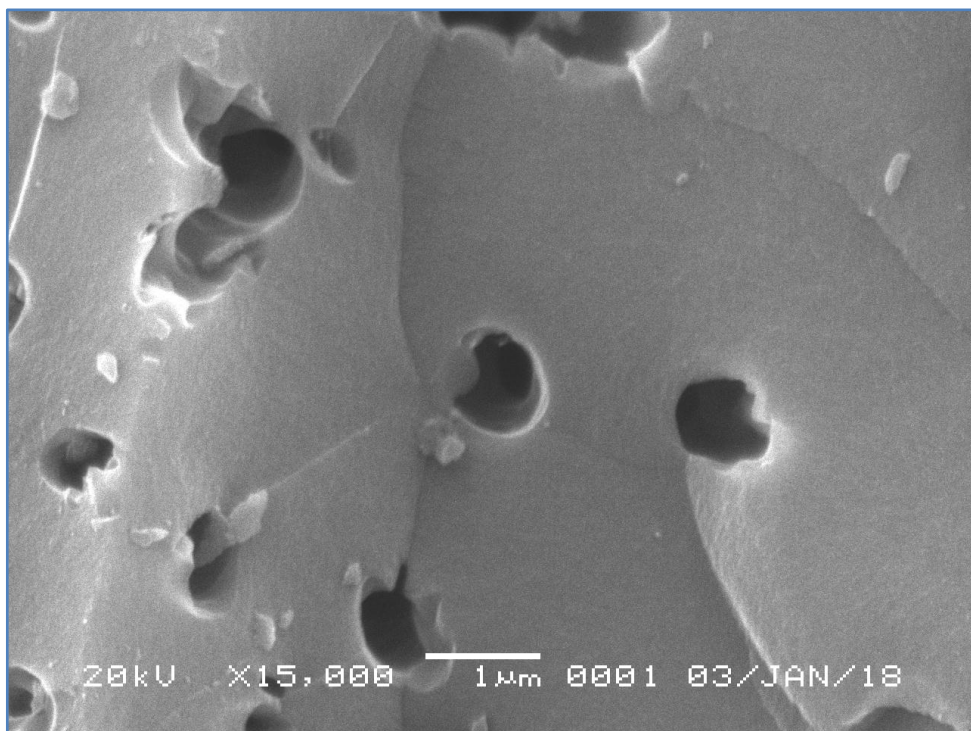
Perbesaran 1000x



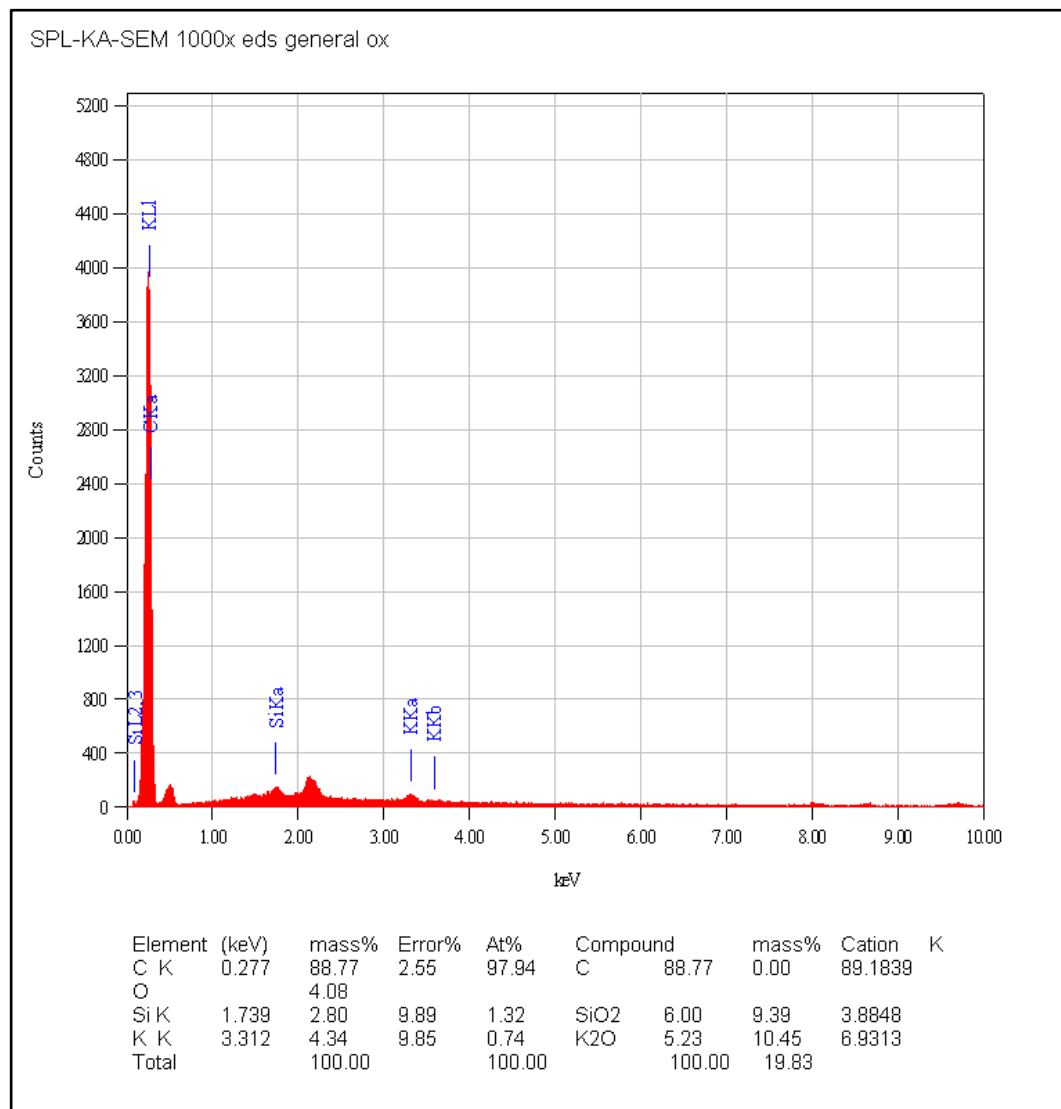
Pebesaran 5000x



Perbesaran 10000x

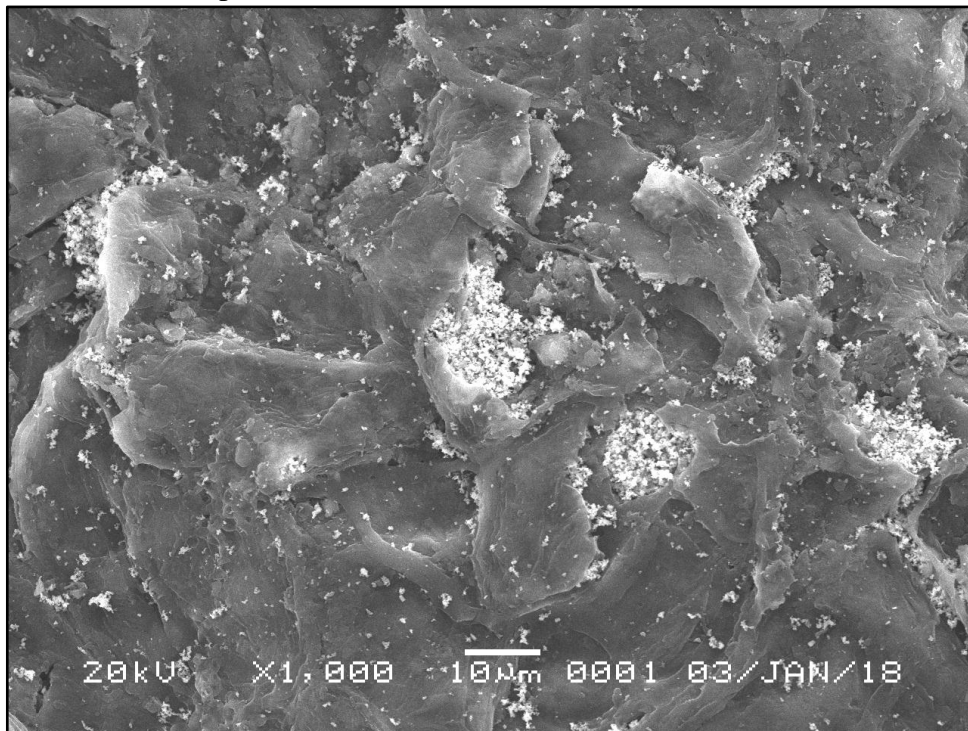


Perbesaran 15000x

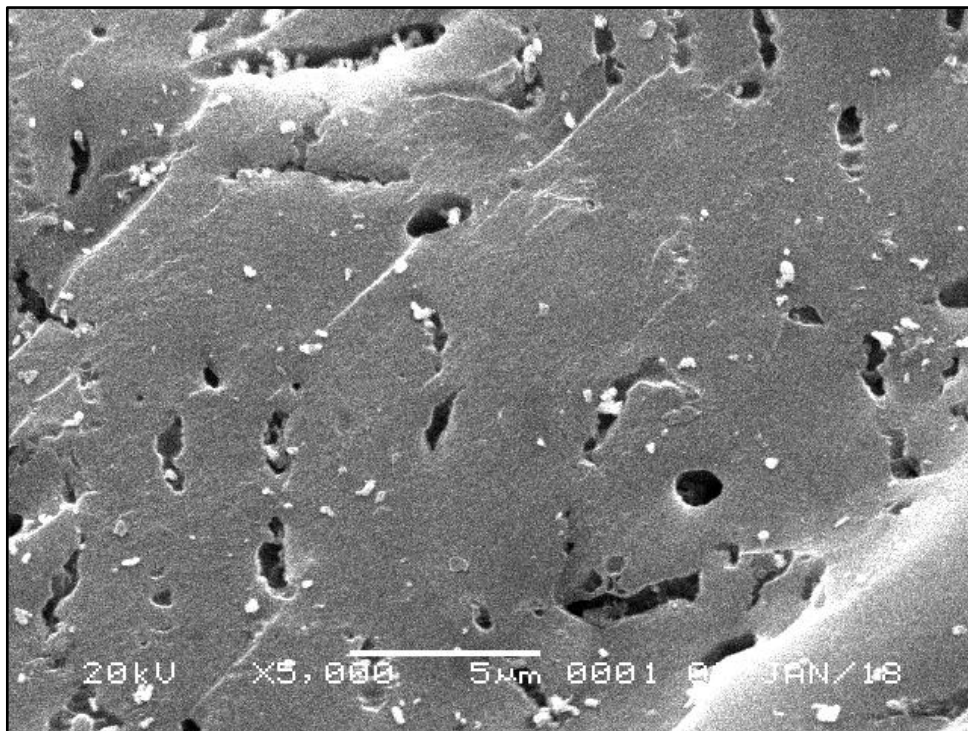


EDX karbon aktif

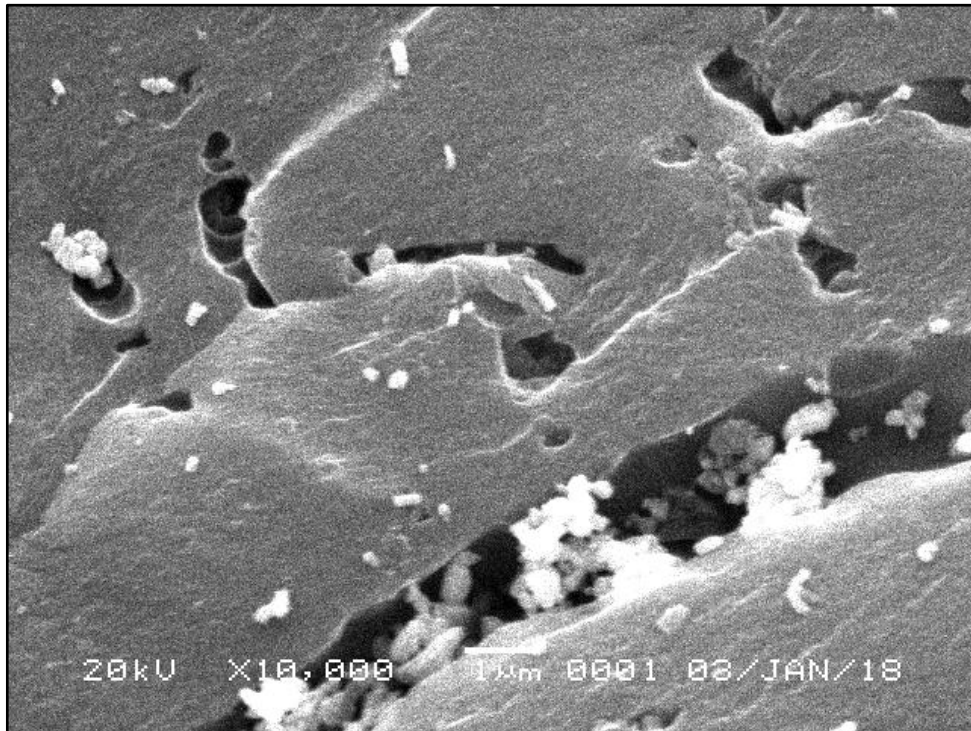
Komposit ZnO/KA



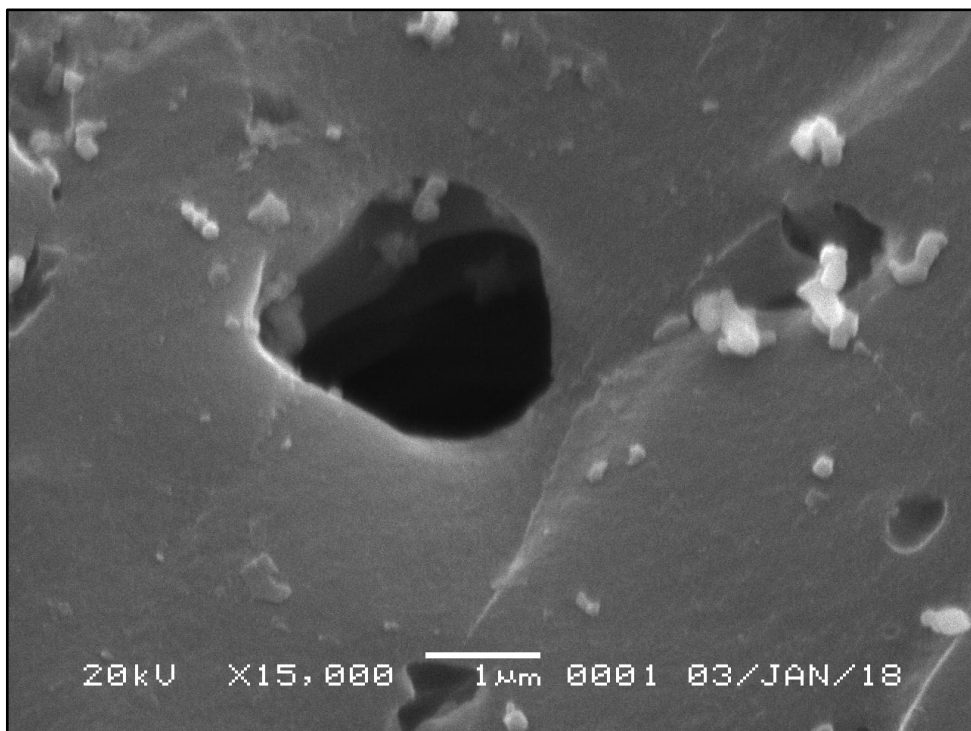
Perbesaran 1000x



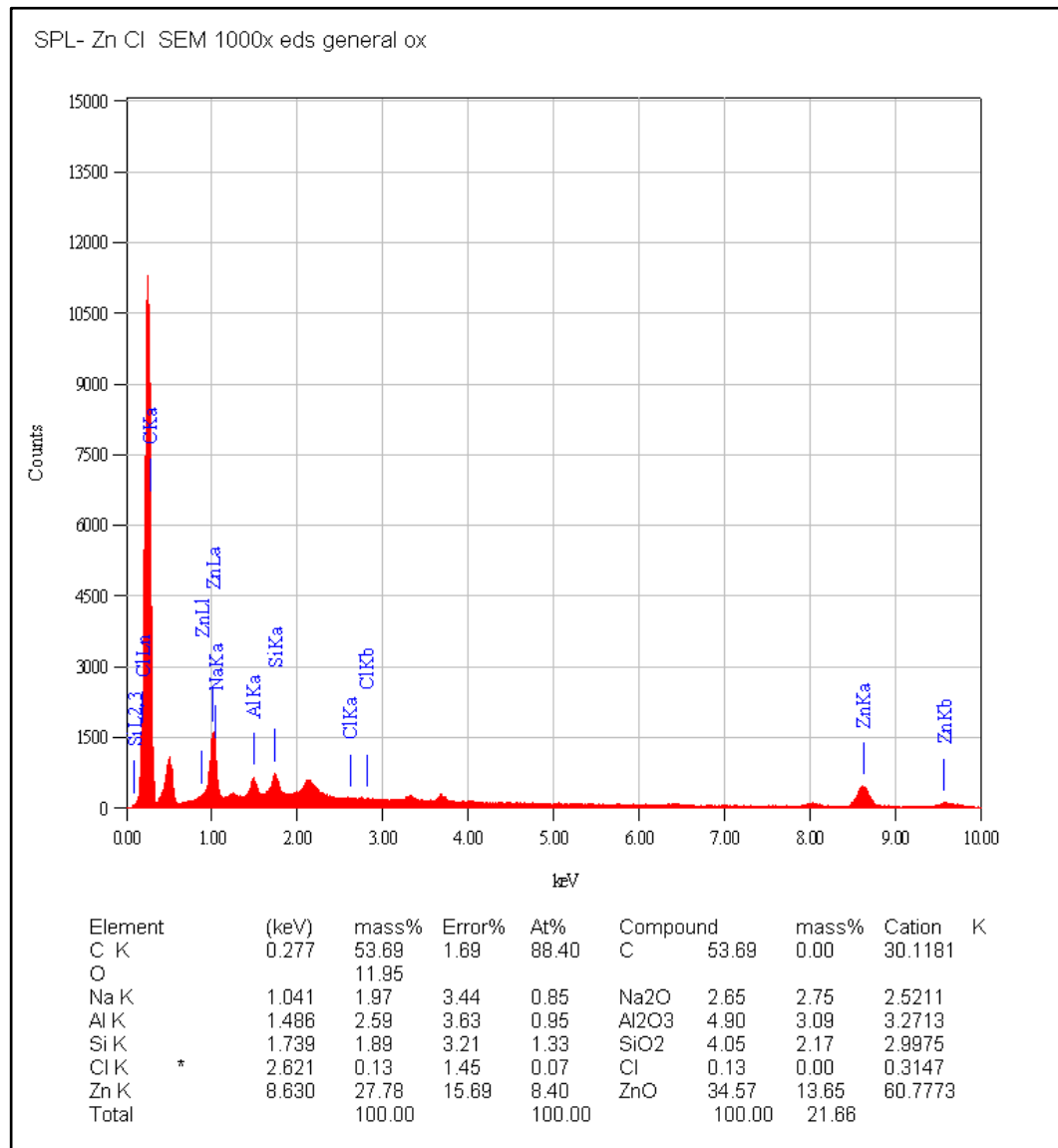
Perbesaran 5000x



Perbesaran 10000x

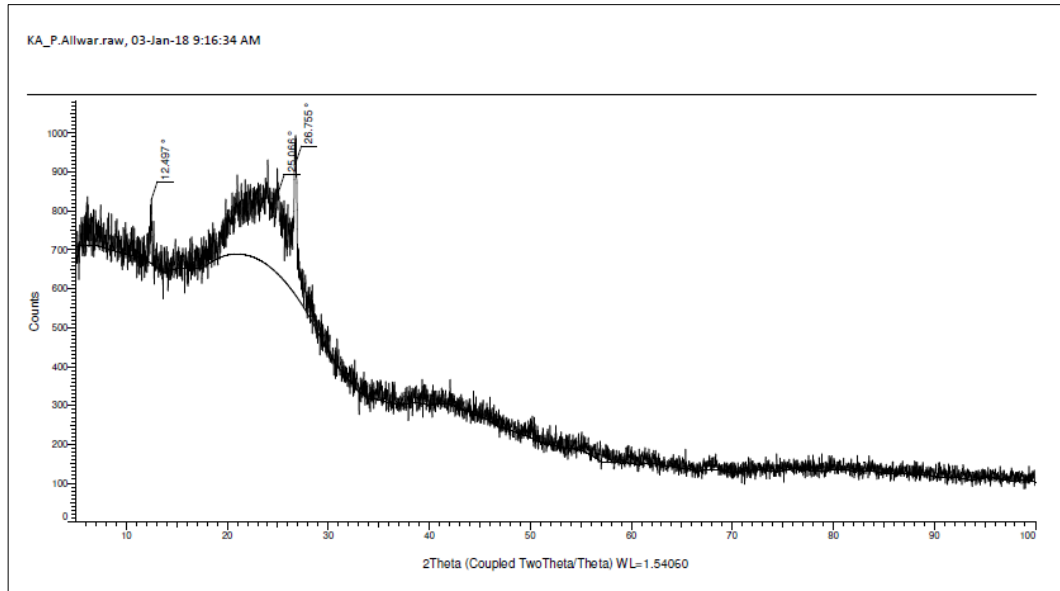


Perbesaran 15000x



EDX komposit ZnO/KA

7.3 Data Hasil Karakterisasi XRD Karbon aktif



KA_P.Allwar.raw, 03-Jan-18 9:16:34 AM

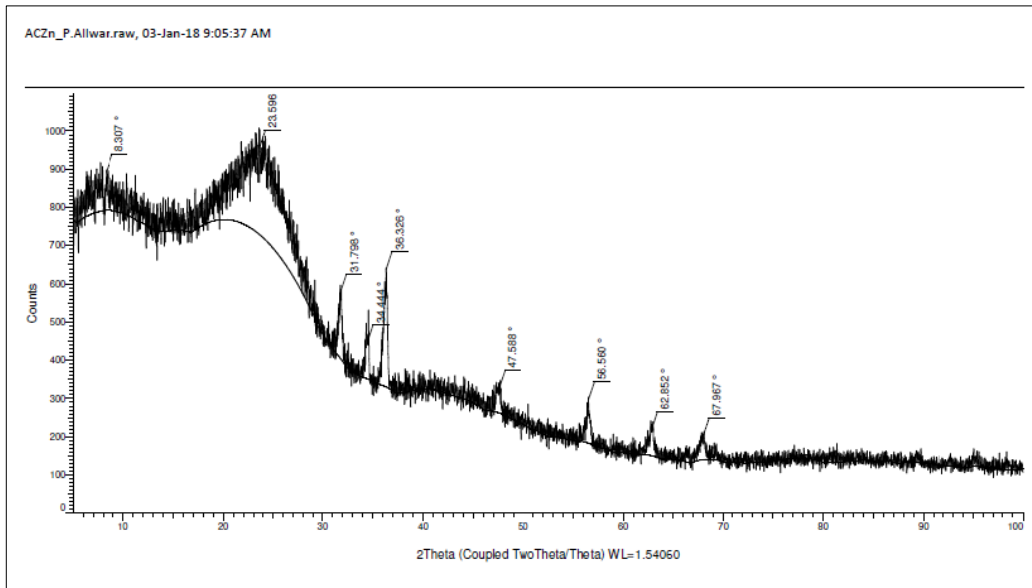
Peak List #1

Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan
Yes	█	■	1	Peak #1	Peak List #1	12.497 °	KA_P.Allwar.raw #1
Yes	█	■	2	Peak #2	Peak List #1	25.066 °	KA_P.Allwar.raw #1
Yes	█	■	3	Peak #3	Peak List #1	26.755 °	KA_P.Allwar.raw #1

Angle	d Value
12.497 °	7.07703 Å
25.066 °	3.54970 Å
26.755 °	3.32932 Å

Net Intensity	Gross Intensity	Rel. Intensity	h,k,l	Match
165	830	48.9 %	n.a.	No
212	848	62.8 %	n.a.	No
337	921	100.0 %	n.a.	No

Komposit ZnO/KA



ACZn_P.Allwar.raw, 03-Jan-18 9:05:37 AM

Peak List #1

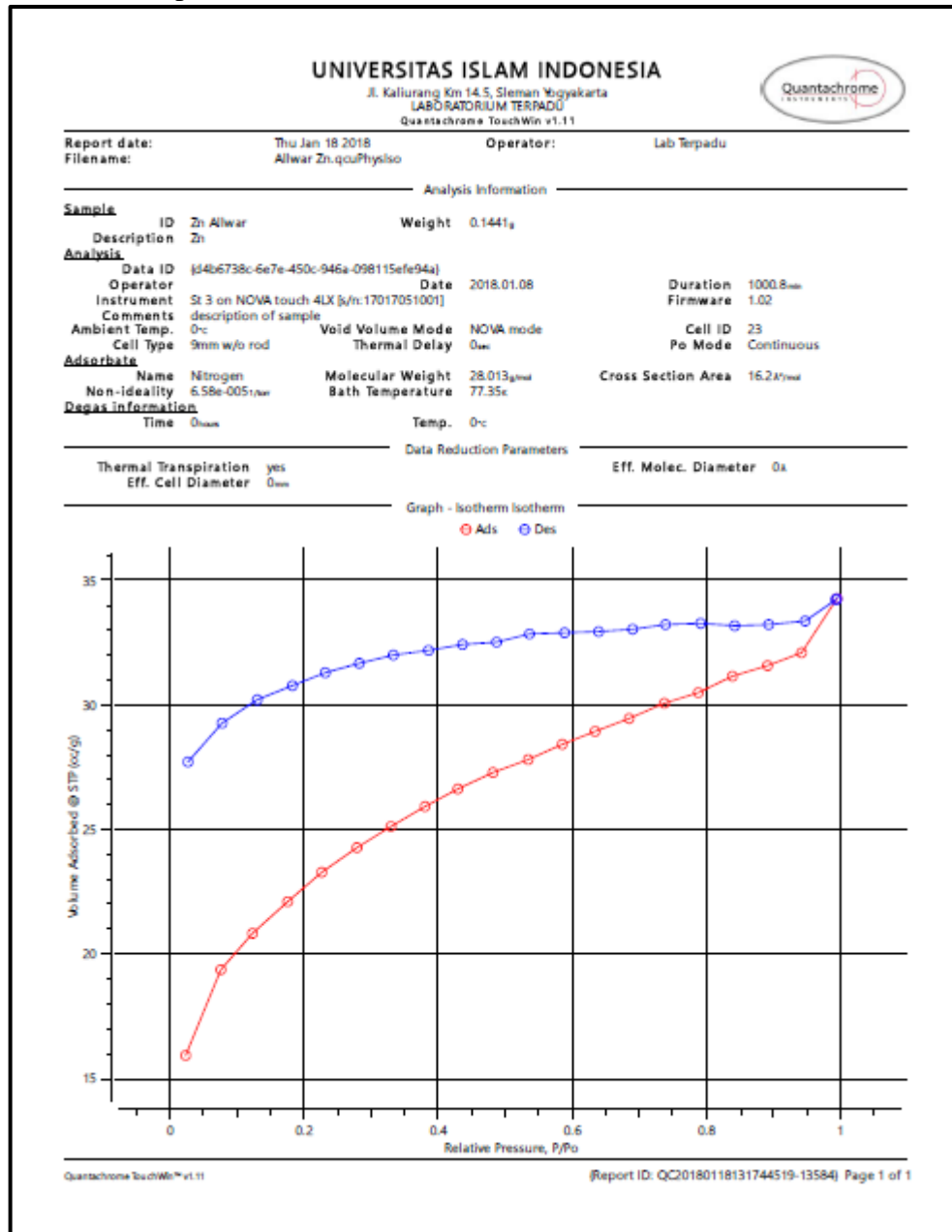
Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan
Yes			1	Peak #1	Peak List #1	8.307 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			2	Peak #2	Peak List #1	23.596 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			3	Peak #3	Peak List #1	31.798 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			4	Peak #4	Peak List #1	34.444 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			5	Peak #5	Peak List #1	36.326 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			6	Peak #6	Peak List #1	47.588 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			7	Peak #7	Peak List #1	56.560 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			8	Peak #8	Peak List #1	62.852 °	ACZn_P.Allwar.raw #1
Yes			9	Peak #9	Peak List #1	67.967 °	ACZn_P.Allwar.raw #1

Angle	d Value	Net Intensity
8.307 °	10.6357 Å	102
23.596 °	3.7674 Å	225
31.798 °	2.81192 Å	174
34.444 °	2.60189 Å	95.0
36.326 °	2.47108 Å	309
47.588 °	1.90629 Å	66.9
56.560 °	1.62587 Å	114
62.852 °	1.47737 Å	69.2
67.967 °	1.37819 Å	62.8

ACZn_P.Allwar.raw, 03-Jan-18 9:05:37 AM

Gross Intensity	Rel. Intensity	h,k,l	Match
894	32.9 %	n.a.	No
955	73.0 %	n.a.	No
579	56.5 %	n.a.	No
447	30.8 %	n.a.	No
639	100.0 %	n.a.	No
329	21.7 %	n.a.	No
297	36.9 %	n.a.	No
219	22.4 %	n.a.	No
203	20.3 %	n.a.	No

7.4 Data Hasil Karakterisasi SAA Komposit ZnO/KA



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman Yogyakarta
LABORATORIUM TERPADU
Quantachrome TouchWin v1.11



Report date: Thu Jan 18 2018 Operator: Lab Terpadu
Filename: Allwar Zn.qcuPhysIso

Analysis Information

Sample	ID Zn Allwar	Weight 0.1441g	
	Description Zn		
Analysis			
Data ID	(d4b6738c-6e7e-450c-946a-098115efe94a)		
Operator		Date	2018.01.08
Instrument	St 3 on NOVA touch 4LX [s/n:17017051001]	Duration	1000.8min
Comments	description of sample		
Ambient Temp.	0°C	Void Volume Mode	NOVA mode
Cell Type	9mm w/o rod	Thermal Delay	0sec
		Cell ID	23
		Po Mode	Continuous
Adsorbate			
Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.013g/mol
Non-ideality	6.58e-0051/mol	Bath Temperature	77.35K
Deqas information			
Time	0hour	Temp.	0°C

Data Reduction Parameters

Thermal Transpiration	yes		Eff. Molec. Diameter 0Å
Eff. Cell Diameter	0mm		
Temp. Comp	no		
Thickness Method	deBoer		
P-tags below 0.35	included		
		Moving Pt. Average	off
Adsorbate Model			
Name	Nitrogen	Molecular Weight	28.0134g
Bath Temperature	77.35K	Cross Section Area	16.2Å ² /molec

Area-Volume Summary results

Surface Area Results

Single point BET	76.1761 m ² /g
Multipoint BET	76.2215 m ² /g
BJH adsorption	10.8526 m ² /g
BJH desorption	2.65751 m ² /g
V-t method micropore surface area	36.2859 m ² /g
V-t method external surface area	39.9357 m ² /g

Pore Volume Results

BJH adsorption cumulative micropore volume	0.0182577 cc/g
BJH desorption cumulative micropore volume	0.00465236 cc/g
V-t method micropore volume	0.0180817 cc/g
Total Pore Volume	0.0497816 cc/g

Pore Size Results

BJH adsorption pore radius	1.63465 nm
BJH desorption pore radius	2.08287 nm
Average Pore Size	1.30623 nm

