

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR *NATURAL ORGANIC MATTER*
MENGGUNAKAN *GRANULAR ACTIVATED CARBON*
DIEVALUASI MELALUI METODE
SPEKTROFLUOROMETER

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan**



GENAURA DWITALITHA BALQHIS
20513135

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR
PENURUNAN KADAR *NATURAL ORGANIC MATTER*
MENGGUNAKAN *GRANULAR ACTIVATED CARBON* DIEVALUASI
MELALUI METODE SPEKTROFLUOROMETER

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:

GENAURA DWITALITHA BALQHIS

20513135

Disetujui,
Dosen Pembimbing

Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

NIK. 015130101

Tanggal: 19/8/2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal:

HALAMAN PENGESAHAN

PENURUNAN KADAR *NATURAL ORGANIC MATTER* MENGGUNAKAN *GRANULAR ACTIVATED CARBON* DIEVALUASI MELALUI METODE SPEKTROFLUOROMETER

Telah Diterima dan Disahkan Oleh Tim Penguji

Hari: Selasa

Tanggal: 20 Agustus 2024

Disusun Oleh:

GENAURA DWITALITHA BALQHIS


20513135

Tim Penguji:

Hudori, S.T., M.T., Ph.D

Ir. Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Puji Lestari, S. Si., M.Sc., Ph.D.

()
19/8/2024

()
19 Agustus 2024

() 20/8 '24

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 30 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Genaura Dwitalitha Balqhis

NIM: 20513135

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat, hidayah, dan karunia-Nya. Tak lupa shalawat serta salam penulis curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Karena izin-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Penurunan Kadar *Natural Organic Matter* Menggunakan *Granular Activated Carbon* Dievaluasi Melalui Metode Spektrofluorometer" ini dengan baik.

Tugas akhir ini disusun sebagai syarat dalam memperoleh gelar sarjana Strata-1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Melalui tugas akhir ini penulis dapat mengimplementasikan teori selama proses perkuliahan untuk menyelesaikan permasalahan di lapangan.

Dalam penyusunan tugas akhir, saya sebagai penulis mendapatkan dukungan baik moril maupun materil, bantuan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T, Ph.D. selaku Koordinator Tugas Akhir.
3. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, dukungan, ilmu pengetahuan, serta saran dan arahan hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Ibu Armayosi dan Bapak Irsan Dauri selaku kedua orang tua penulis yang telah memberikan seluruh kehidupannya untuk mendampingi setiap langkah putrinya.

5. Teman-teman seperjuangan penulis sedari semester 1 yang secara langsung maupun tidak langsung hadir dalam memberikan bantuan, dukungan, dan semangat, serta kepada seluruh pihak yang ikut membantu agar terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Dengan kerendahan hati, saya selaku penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Maka sekiranya penulis berharap akan kritik dan saran yang bersifat membangun agar penelitian ini menjadi lebih baik lagi.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 30 Juli 2024

Genaura Dwitalitha Balqhis

ABSTRACT

GENAURA DWITALITHA BALQHIS. Reduction Of Natural Organic Matter by Using Granular Activated Carbon Evaluated Through Spectrofluorometer Method. Mentored by Hudori, ST, M.T., Ph.D.

The presence of Natural Organic Matter in a water source can affect the performance of drinking water processes as well as the quality of the water produced. It is caused by the properties of NOMs that act as pollutant carriers or precursors in embedding disinfectant by-products. (DBP). Therefore, the reduction of NOM concentration in drinking water supply through simple adsorption process is necessary. The adsorption process in this study was carried out in batches using an adsorbent of coconut and coal of 8 mesh size against a synthetic sample water adsorbates in concentrations of 10 mg/L, 15 mg/l, and 20 mg/ L obtained from the addition of fulvic acid compounds. To optimize this NOM reduction process, it is important to measure and characterize NOM through Spectrofluorometric method with emission-existence matrix (EEM) analysis technique in representing Fulvic acid-like, Humic acid-like, Tyrosine-like, and Tryptophan-like. The optimum dose in the reduction of NOM levels for both types of adsorbents is at the mass of the adsorbent 12.5 grams with a sample volume of 250 mL. Whereas the optimum contact time for coconut and coal bars is 30 minutes and 120 minutes. The fluorescence intensity of the adsorbent used will show the efficiency value. Based on the three concentrations used, the fluorescence reduction efficiency was higher for fulvic acid and humic than tyrosine and tryptophan. This is due to differences in the nature of the fractions. And coal GAC adsorbent is more efficient than coconut shell, this is because there is a difference in the pore size of the adsorbent which determines the amount of NOM absorbed.

Keywords: adsorption, adsorbents, fluorescence, natural organic matter.

ABSTRAK

GENAURA DWITALITHA BALQHIS. Penurunan Kadar *Natural Organic Matter* Menggunakan *Granular Activated Carbon* Dievaluasi Melalui Metode Spektrofluorometer. Dibimbing oleh Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Keberadaan *Natural Organic Matter* pada sumber air dapat mempengaruhi kinerja proses pengolahan air minum serta kualitas air minum yang dihasilkan. Hal ini diakibatkan oleh sifat NOM yang bertindak sebagai pembawa polutan atau prekursor dalam membentuk produk samping *disinfectant by-products* (DBP). Maka dari itu diperlukan penanganan untuk penurunan kadar NOM dalam penyediaan air minum melalui proses pengolahan sederhana adsorpsi. Proses adsorpsi dalam penelitian ini dilakukan secara batch menggunakan adsorben tempurung kelapa dan batubara ukuran 8 mesh terhadap adsorbat air sample sintetik dalam konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L yang diperoleh dari penambahan senyawa asam fulvat. Untuk mengoptimalkan proses penurunan kadar NOM ini, penting untuk mengukur dan mengkarakterisasi NOM melalui metode Spektrofluorometri dengan teknik analisis matriks eksitasi-emisi (EEM) mewakili *Fulvic acid-like*, *Humic acid-like*, *Tyrosine-like*, dan *Tryptophan-like*. Adapun dosis optimum dalam penurunan kadar NOM untuk kedua jenis adsorben berada pada massa adsorben 12,5 gram dengan volume sampel 250 mL. Sedangkan waktu kontak optimum pada tempurung kelapa dan batubara yaitu 30 menit dan 120 menit. Perolehan intensitas fluoresensi pada penggunaan adsorben akan menunjukkan nilai efisiensi. Berdasarkan ketiga konsentrasi yang digunakan, efisiensi penurunan fluoresensi lebih tinggi pada *fulvic acid* dan *humic* dibandingkan *tyrosine* dan *tryptophan*. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan sifat fraksi. Serta penggunaan GAC batubara lebih efisien dibandingkan tempurung kelapa, hal ini dikarenakan terdapat perbedaan pada ukuran pori adsorben yang menentukan banyaknya NOM yang terserap.

Kata Kunci: adsorpsi, adsorben, fluoresensi, *Natural Organic Matter*.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	ii
PRAKATA.....	iii
ABSTRACT.....	v
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	i
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Natural Organic Matter.....	4
2.1.1 Karakterisasi Natural Organic Matter.....	5
2.1.2 Keberadaan Natural Organic Matter Pada Air Minum.....	10
2.2 Alternatif Pengolahan Natural Organic Matter.....	11
2.2.1 Koagulasi-Flokulasi.....	11
2.2.2 Adsorpsi.....	13

2.2.3 Ozon	15
2.3 Penurunan Kadar Natural Organic Matter	16
2.3.1 Adsorpsi Secara Batch	16
2.3.2 Adsorben Granular Activated Carbon.....	17
2.3.3 Aktivasi Karbon Aktif.....	21
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan.....	25
3.3 Prosedur Analisis Data.....	26
3.3.1 Metode Pembuatan Sample.....	26
3.3.2 Metode Pengolahan Adsorpsi Menggunakan GAC	28
3.3.3 Metode Pengujian Kadar Natural Organic Matter	31
3.3.4 Metode Analisa Data.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Analisis Pendahuluan.....	35
4.1.1 Penyiapan Sampel	35
4.1.2 Penyiapan <i>Granular Activated Carbon</i>	37
4.2 Analisis Penurunan Kadar Natural Organic Matter	40
4.2.1 Uji Fluoresensi Variasi Massa Adsorben.....	40
4.2.2 Uji Fluoresensi Variasi Waktu Kontak	64
4.2.3 Uji UV254.....	79
4.2.4 Korelasi Antara Emission Fluoresence dan UV-Vis (UV254)	84
BAB V KESIMPULAN & SARAN.....	87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA	89
LAMPIRAN	94

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komponen Matriks Eksitasi-Emisi (EEM).....	9
Tabel 2. 2 Jenis Karbon Aktif	18
Tabel 2. 3 Contoh Spesifikasi Granular Activated Carbon.....	19
Tabel 2. 4 Karakteristik Jenis-Jenis <i>Granular Activated Carbon</i>	20
Tabel 4. 1 Intensitas Puncak Variasi Preparasi Sampel	35
Tabel 4. 2 Pengujian FTIR Pada Karbon Aktif.....	63
Tabel 4. 3 Absorbansi UV254 pada Variasi Massa Adsorben.....	80
Tabel 4. 4 Absorbansi UV254 pada Variasi Waktu Kontak	82
Tabel 4. 5 Uji Korelasi	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Komposisi Bahan Organik Alami Dalam Air	6
Gambar 2. 2 Spektrum fluoresensi EEM	8
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 3. 2 Bahan Organik (a) Fulvic Acid (b) Humic Acid.....	27
Gambar 3. 3 GAC (a) Batubara (b) Tempurung Kelapa.....	28
Gambar 4. 1 Perbandingan Fluoresensi Senyawa Organik	35
Gambar 4. 2 Fluoresensi Sampel (a) Asam Humat 5 mg/L, (b) Fulvic Acid 5 mg/L	36
Gambar 4. 3 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi dengan Tempurung Kelapa	37
Gambar 4. 4 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi dengan Batubara.....	38
Gambar 4. 5 Fluoresence EEM Perlakuan (a) Sampel 10 mg/L; (b) non aktivasi; (c) aktivasi fisika; (d) aktivasi kimia Pada GAC Tempurung Kelapa.....	39
Gambar 4. 6 Fluoresence EEM Perlakuan (a) Sampel 10 mg/L; (b) non aktivasi; (c) aktivasi fisika; (d) aktivasi kimia Pada GAC Batubara	39
Gambar 4. 7 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 10 mg/L	41
Gambar 4. 8 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 15 mg/L	41
Gambar 4. 9 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 20 mg/L	42
Gambar 4. 10 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Fulvic Acid Like	43
Gambar 4. 11 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Humic Like	43
Gambar 4. 12 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Tyrosine Like	44
Gambar 4. 13 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Typtophan Like	44
Gambar 4. 14 Fluoresence EEM Variasi Massa Asorben Pada Sampel 10 mg/L	46

Gambar 4. 15 Fluoresence EEM Variasi Massa Asorben Pada Sampel 15 mg/L	47
Gambar 4. 16 Fluoresence EEM Variasi Massa Asorben Pada Sampel 20 mg/L	48
Gambar 4. 17 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 10 mg/L..	49
Gambar 4. 18 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 15 mg/L..	49
Gambar 4. 19 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 10 mg	50
Gambar 4. 20 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Fulvic Acid Like ..	50
Gambar 4. 21 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Humic Like	51
Gambar 4. 22 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Tyrosine Like	51
Gambar 4. 23 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Tryptophan Like...	52
Gambar 4. 24 Fluoresence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 10 mg/L.....	54
Gambar 4. 25 Fluoresence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 15 mg/L.....	55
Gambar 4. 26 Fluoresence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 20 mg/L.....	56
Gambar 4. 27 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 2,5 gr	57
Gambar 4. 28 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 5 gr	57
Gambar 4. 29 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 7,5 gr	58
Gambar 4. 30 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 10 gr	58
Gambar 4. 31 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 12,5 gr	59
Gambar 4. 32 Hasil uji SEM karbon aktif pada (a) Tempurung Kelapa (b) Batubara dengan Perbesaran 2000 kali.....	60
Gambar 4. 33 Ukuran Pori Tempurung Kelapa dan Batubara	61
Gambar 4. 34 Spektrum FTIR dari (a) Batubara dan (b) Tempurung Kelapa	62
Gambar 4. 35 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 10 mg/L ..	65
Gambar 4. 36 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 15 mg/L ..	65

Gambar 4. 37 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 20 mg/L ..	66
Gambar 4. 38 Penurunan Fulvic Acid Like Pada Variasi Waktu Kontak.....	66
Gambar 4. 39 Penurunan Humic Like Pada Variasi Waktu Kontak.....	67
Gambar 4. 40 Penurunan Tryosine Like Pada Variasi Waktu Kontak	67
Gambar 4. 41 Penurunan Tryptophan Like Pada Variasi Waktu Kontak	68
Gambar 4. 42 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 10 mg/L	69
Gambar 4. 43 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 15 mg/L	70
Gambar 4. 44 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 20 mg/L	71
Gambar 4. 45 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 10 mg/L ..	71
Gambar 4. 46 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 15 mg/L ..	72
Gambar 4. 47 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 20 mg/L ..	72
Gambar 4. 48 Efisiensi Penurunan Fulvic Acid Like Pada Variasi Waktu Kontak	73
Gambar 4. 49 Efisiensi Penurunan Humic Like Pada Variasi Waktu Kontak.....	73
Gambar 4. 50 Efisiensi Penurunan Tyrosine Like Pada Variasi Waktu Kontak ..	74
Gambar 4. 51 Efisiensi Penurunan Tryptophan Like Pada Variasi Waktu Kontak	74
Gambar 4. 52 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 10 mg/L	75
Gambar 4. 53 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 15 mg/L	76
Gambar 4. 54 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 20 mg/L	77
Gambar 4. 55 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 30 Menit.....	77
Gambar 4. 56 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 60 Menit.....	78

Gambar 4. 57 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 90 Menit.....	78
Gambar 4. 58 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 120 Menit.....	79
Gambar 4. 59 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 10 mg/L.....	80
Gambar 4. 60 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 15 mg/L.....	81
Gambar 4. 61 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 20 mg/L.....	81
Gambar 4. 62 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 10 mg/L.....	82
Gambar 4. 63 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 10 mg/L.....	83
Gambar 4. 64 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 20 mg/L.....	83

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi Karbon Aktif	94
Lampiran 2 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Tempurung Kelapa.....	94
Lampiran 3 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Batubara	95
Lampiran 4 Intensitas Puncak Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa	96
Lampiran 5 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Batubara	96
Lampiran 6 Perhitungan Koefisien Korelasi (r).....	97
Lampiran 7 Contoh Uji Korelasi Peak A	97
Lampiran 8 Proses Penelitian.....	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada proses pengolahan air minum diperlukan air baku yang bersumber dari air tanah, air permukaan, maupun mata air. Sumber air baku yang digunakan berpotensi memiliki kandungan zat pencemar akibat terkontaminasi dengan aktivitas daerah tangkapan sekitarnya maupun aktivitas biologis alami. Zat pencemar tersebut dapat menimbulkan dampak yang tidak aman jika digunakan sebagai air baku. Salah satu zat pencemar yang keberadaannya dapat mempengaruhi kinerja proses pengolahan air minum serta kualitas air minum yang dihasilkan yaitu *Natural Organic Matter* (NOM). Keberadaan NOM pada sumber air diakibatkan oleh interaksi antara siklus hidrologi dengan biosfer dan geosfer ataupun degradasi sisa-sisa hewan, tumbuhan dan mikroorganisme, termasuk ekskresi mikroba. Namun keberadaan NOM ini didukung pula oleh pesatnya pertumbuhan populasi manusia dan industrialisasi ataupun kegiatan pertanian yang menyebabkan peningkatan polutan organik. Sehingga jumlah, karakter, dan sifat NOM sangat bervariasi tergantung pada asal muasal perairan dan siklus biogeokimia lingkungan sekitarnya.

Hadirnya NOM dapat menyebabkan terbentuknya senyawa lain berupa produk samping *disinfectant by-products* (DBPs) atau desinfeksi organik terhalogenasi pada proses desinfeksi air minum. Bahan organik berhalogen ini ketika bereaksi dengan klor dapat menghasilkan *trihalomethanes* (THM), *haloacetonitriles* (HANs) dan *haloacetic acid* (HAA) atau senyawa yang bersifat karsinogenik sehingga dapat merugikan kesehatan. Selain itu kehadiran NOM berpotensi menurunkan kualitas potensi air minum dengan mengubah sifat organoleptiknya (warna, rasa dan bau), serta NOM dapat bertindak sebagai pembawa polutan organik dan anorganik beracun seperti pestisida dan radionuklida. Berdasarkan permasalahan tersebut upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi NOM adalah dengan menambahkan adsorben *Granular Activated Carbon* metode adsorpsi. GAC sendiri memiliki kemampuan sebagai media

penyerap dengan luas permukaan yang tinggi sehingga memungkinkan akumulasi kontaminan. Sedangkan jika dengan *Powdered Activated Carbon* perlu dibuat dalam bentuk konsentrasi tertentu.

Prinsip kerja adsorpsi yaitu berupa proses penyerapan oleh adsorben terhadap adsorbat akibat gaya tarik molekul pada permukaan adsorben. Adapun menurut (Islamiyah & Koestiari, 2014) proses adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain konsentrasi, massa adsorben, luas permukaan, ukuran partikel dan waktu kontak. Hubungan antar parameter NOM yang diperoleh sangat bervariasi, hal ini disebabkan oleh karakteristik organik yang berbeda-beda pada setiap sumber.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi penurunan kadar NOM melalui proses adsorpsi dengan adsorben GAC menggunakan spektrofluorometer yang memiliki sensitivitas tinggi dalam mendeteksi senyawa fluoresensi. Berdasarkan prinsipnya, spektrofluorometri mewakili hubungan antara intensitas fluoresensi dan panjang gelombang eksitasi atau panjang gelombang emisi. Adapun teknik analisis data yang digunakan yaitu teknik analisis matriks eksitasi-emisi (EEM) dengan menggunakan intensitas puncak dalam mengidentifikasi senyawa fluoresensi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang dapat dikemukakan di dalam penelitian ini yaitu:

1. Berapa dosis optimum dan waktu kontak optimum untuk menurunkan kadar *Natural Organic Matter* menggunakan analisis matriks eksitasi-emisi (EEM)?
2. Apa jenis *Granular Activated Carbon* yang paling efektif untuk penurunan kadar *Natural Organic Matter*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini antara lain :

1. Menentukan nilai efisiensi dosis optimum dan waktu kontak optimum untuk menurunkan kadar *Natural Organic Matter* menggunakan analisis matriks eksitasi-emisi (EEM).

2. Menentukan jenis *Granular Activated Carbon* yang paling efektif untuk penurunan kadar *Natural Organic Matter*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini yaitu:

1. Sebagai referensi rujukan terkait pengembangan penelitian mengenai penurunan kadar NOM menggunakan *Granular Activated Carbon* melalui analisis matriks eksistasi-emisi (EEM).
2. Sebagai rekomendasi untuk alternatif proses dalam mereduksi NOM dengan menggunakan *Granular Activated Carbon* pada proses adsorpsi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel air yang digunakan adalah air sintetik.
2. *Granular activated carbon* yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa dan batubara.
3. Prosedur pengolahan adsorpsi akan dilakukan dengan proses batch yang memiliki variabel sebagai berikut:
 - a. Ukuran adsorben (8 mesh)
 - b. Massa adsorben (2,5 gram, 5 gram, dan 7,5 gram, 10 gram, dan 12,5 gram)
 - c. Waktu kontak (30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit)
4. Kemampuan adsorpsi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah besarnya nilai efisiensi yang dihasilkan oleh karbon aktif tempurung kelapa dan batubara pada parameter *emission fluorescence* dan parameter UV254.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Natural Organic Matter

Natural organic Matter (NOM) adalah matriks kompleks dari zat organik yang umumnya ditemukan pada sumber air berupa perairan permukaan dan air tanah sebagai hasil dari berbagai interaksi hidrologi, biologis, dan geologis yang berbeda ataupun dari pola penggunaan lahan lokasi. Lokasi berpengaruh pada jumlah dan komposisi NOM yang cenderung bervariasi secara substansial tergantung pada perubahan musim yang mempengaruhi faktor-faktor seperti kekeringan, curah hujan, dan banjir.

Menurut (Matilainen, 2007), keberadaan NOM dalam perairan dapat diklasifikasikan berdasarkan asal atau sumbernya, yaitu sumber eksternal (*allochthonous*) dan sumber internal (*autochthonous*). NOM *allochthonous* berasal dari masukan terestrial atau permukaan tanah termasuk dekomposisi tanaman dan air tanah yang diangkut dari daerah tangkapan sekitarnya, sehingga memiliki kadar kandungan aromatik yang tinggi. Sedangkan NOM *autochthonous* dihasilkan oleh organisme autotrof dalam air seperti alga dan mikroba, sehingga memiliki kandungan aromatik yang rendah dan kandungan nitrogen yang tinggi.

Adapun dalam realisasinya sungai dan aliran sungai merupakan titik panas transportasi dan transformasi bahan organik. Misalnya, saluran pembuangan air hujan, jaringan pipa, dan parit menghasilkan kepadatan drainase yang sangat tinggi di daerah aliran sungai perkotaan dibandingkan dengan daerah aliran sungai alami. Akibatnya, beban bahan organik kesungai perkotaan lebih besar dibandingkan daerah aliran sungai yang didominasi hutan. Hal ini menunjukkan terdapat sumber dari aktivitas manusia yang diklasifikasikan sebagai NOM *anthropogenic*.

Pada hakekatnya NOM tidak bersifat racun, melainkan keberadaannya di dalam air, terkhusus pada sumber air minum dapat mempengaruhi kinerja proses pengolahan air minum serta kualitas air minum yang dihasilkan. Sehingga diperlukan penanganan yang efisien untuk penurunan kadar NOM dalam

penyediaan air minum. Efisiensi penyisihan NOM bergantung pada karakteristik air dan bahan organik.

2.1.1 Karakterisasi Natural Organic Matter

Karakterisasi NOM sering dicapai dengan mengklasifikasikan fraksi ke dalam kategori yang dikelompokkan berdasarkan ukuran dan hidrofobitasnya.

1. Ukuran

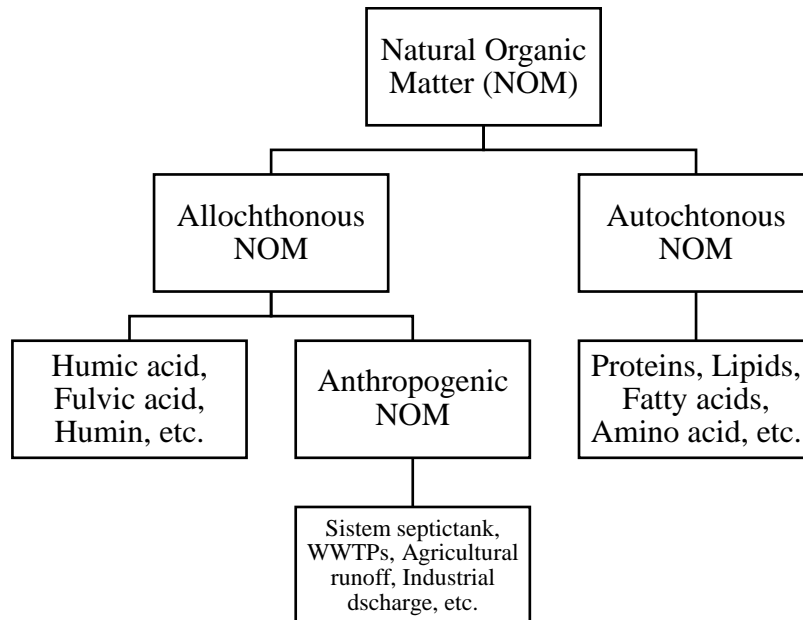
- a. *Particulate Organic Carbon* (POC), fraksi bahan organik tidak mampu tersaring pada membran $0,45 \mu\text{m}$.
- b. *Dissolved Organic Carbon* (DOC), fraksi bahan organik mampu tersaring pada membran yang lebih kecil dari $0,45 \mu\text{m}$. Dimana, NOM terlarut ini merupakan campuran heterogen dari senyawa hidrofobik dan hidrofilik.

2. Fraksi

- a. Humus, NOM bersifat hidrofobik yang mengandung asam humat, asam fulvat, hidrokarbon, tanin, amina, dan aromatik. Senyawa hidrofobik tidak memiliki keterikatan dengan air atau memiliki keterikatan yang lemah terhadap air. NOM *allochthonous* diatur oleh fraksi hidrofobik.
- b. Non Humus, NOM bersifat hidrofilik yang mengandung asam karboksilat, asam poluronat, asam amino, karbohidrat, dan peptida. Senyawa hidrofilik merupakan senyawa yang memiliki keterikatan kuat dengan air. NOM *autochthonous* didominasi oleh molekul hidrofilik dengan berat molekul lebih rendah.

Jika diklasifikasikan berdasarkan sumber asalnya, NOM dapat diklasifikasikan menjadi tiga divisi utama yaitu NOM *allochthonous* misalnya *Humic Acid*, *Fulvic Acid*, humin. Serta termasuk pula NOM antropogenik yang

berasal dari aktivitas manusia. NOM *autochthonous* yang disekresikan oleh tanaman, alga, bakteri dan mikroba (Bhatnagar & Sillanpää, 2017).



Gambar 2. 1 Komposisi Bahan Organik Alami Dalam Air

Sumber: Ali., et al (2022).

Analisis kadar NOM dapat dilakukan melalui pengukuran interaksi antara materi dan cahaya yang dapat dilihat dari penyerapan cahaya yang terjadi, baik antara cahaya ultraviolet/cahaya tampak (UV-Vis) maupun cahaya berpendar (fluoresensi). Perbedaan utama antara spektrofotometri dan spektrofluorometri adalah spektrofotometri mengukur penyerapan cahaya oleh suatu sampel, sedangkan spektrofluorometri mengukur emisi cahaya fluoresen oleh suatu sampel ketika tereksitasi dengan cahaya dengan panjang gelombang tertentu. UV-Vis (UV254) untuk menunjukkan reaktivitas NOM (aromatisitas dan hidrofilisitas), serta *emission fluorescence* untuk menunjukkan struktur molekul yang akan menggambarkan struktur komposisi bahan humat.

1. UV-Vis (UV254)

Prinsip dalam metode ini dengan melakukan penyerapan UV oleh sampel air dengan rentang panjang gelombang dari 200 hingga 780 nm,. Dalam hal ini absorbansi pada panjang gelombang 254 nm digunakan untuk memperkirakan dan menunjukkan tingkat bahan aromatik dalam badan air.

Semakin besar nilai absorbansi yang diperoleh maka semakin tinggi pula kandungan senyawa aromatik pada air. Dan jika pada air terkandung senyawa aromatic maka kandungan organik pada air juga bersifat hidrofobik dan memiliki berat molekul yang besar. Dan semakin tinggi senyawa aromatic dan berat molekul yang bersifat hidrofobik maka akan makin cenderung membentuk *disinfectant by-products* (DBPs) yaitu *trihalomethanes* (THM). Selain itu, melalui pengukuran tersebut dapat dikaitkan dengan chromosphere aromatik yang ada di TOC. Sehingga pengukuran UV-254 dapat menjadi parameter pengganti TOC untuk mewakili karakter aromatik NOM.

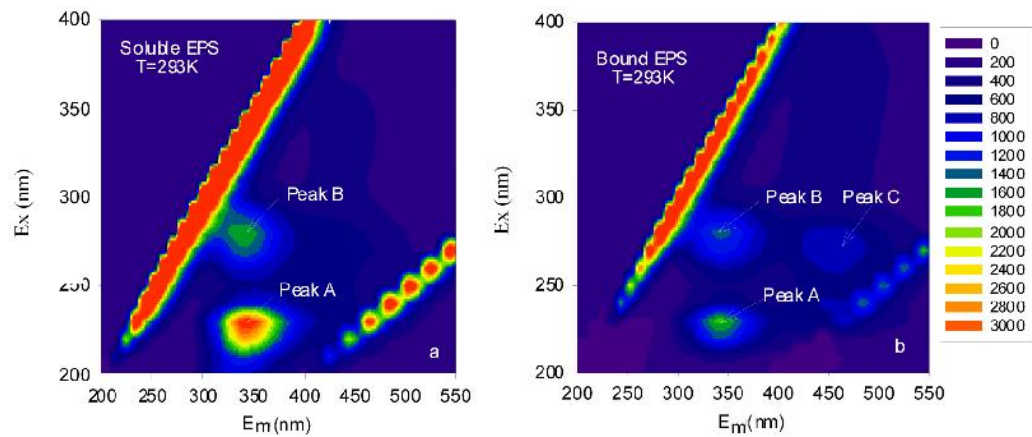
2. Emission Fluorescence

Dikarenakan banyaknya gugus fungsi dalam NOM, spektroskopi fluoresensi adalah alat yang paling sering digunakan untuk menyelidiki karakteristik NOM. Fluoresensi diciptakan oleh penyerapan energi (cahaya) oleh molekul fluoresen, yang disebut fluorofor. Molekul fluoresen dapat hadir dalam berbagai bentuk dan ukuran. Umumnya dalam karakterisasi NOM, intensitas fluorens akan didominasi oleh Fulvic acid-like, Humic acid-like, Tyrosine-like, dan Tryptophan-like.

Analisis kadar NOM melalui metode Spektrofluorometri digunakan untuk mendeteksi keberadaan kontaminasi senyawa organik dalam suatu sampel serta menyelidiki karakteristikasi molekul. Berdasarkan prinsipnya, spektrofluorometri mewakili hubungan antara intensitas fluoresensi dan panjang gelombang eksitasi atau panjang gelombang emisi. Spektrofluorometri memiliki teknik analisis fluoresensi dua dimensi ataupun analisis matriks eksitasi-emisi (EEM).

Secara sederhana dalam spektrum fluoresensi 2D akan menghasilkan grafik berupa sumbu x mewakili panjang gelombang eksitasi atau panjang gelombang emisi, dan sumbu y mewakili intensitas fluoresensi relatif. Dari spektrum fluoresensi ini akan diperoleh jumlah dan posisi puncak fluoresensi. Puncak ini kemudian dapat digunakan untuk

mengidentifikasi zat fluoresen atau sebagai dasar untuk memilih panjang gelombang eksitasi dan emisi yang sesuai untuk analisis fluoresensi zat.



Gambar 2. 2 Spektrum fluoresensi EEM

Sumber: Song., et al (2010).

Sedangkan spektogram fluoresensi kontur atau proyeksi 3D biasanya digunakan untuk menampilkan data EEM. Spektrum fluoresensi tiga dimensi ini memiliki batas deteksi bahan organik yang lebih rendah dibandingkan spektrum UV-visibel, mampu memberikan informasi spektral yang lebih lengkap; mempunyai ciri-ciri selektivitas tinggi, sensitivitas tinggi, dan reproduibilitas baik. Spektrum fluoresensi 3D berguna untuk menentukan panjang gelombang eksitasi dan panjang gelombang fluoresensi yang optimal. Baru-baru ini, perbedaan pola (bentuk) spektral fluoresensi 3D memungkinkan untuk membedakan berbagai jenis sampel atau mengidentifikasi sumber sampel dalam beberapa kasus.

Adapun hasil analisis fluoresensi akan menunjukkan lokasi puncak dan wilayah untuk komponen matriks eksitasi-emisi (EEM) pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Komponen Matriks Eksitasi-Emisi (EEM)

Peak Label	Excitation Maximum (nm)	Emmission maximum (nm)	Description of fluorophores	Source
B	225 - 237	310 - 320	Tyrosine-like	autochthonous
T	270 - 285	340 - 380	Tryptophan-like	autochthonous
C	320 – 360	420 – 460	Humic acid-like	terrestrial, anthropogenic, agriculture
A	260	380 - 460	Fulvic acid-like	anthropogenic, natural

Sumber: Coble, 2007 dan Stedmon et al., 2003

Karakteristik NOM dominan yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini meliputi Fulvic acid-like, Humic acid-like, Tyrosine-like, dan Tryptophan-like.

1. Puncak B dan T umumnya mewakili material mirip protein.

Fluoresensi seperti tirosin dan triptofan diinterpretasikan atas intensitas fluoresensi yang mirip protein. Intensitas fluoresensi mirip protein juga berkorelasi dengan konsentrasi THAA atau *trihalomethanes* (THM), *haloacetonitriles* (HANs), dan *haloacetic acid* (HAA), hal ini menunjukkan bahwa dinamika asam amino aromatik serupa dengan THAA.

2. Puncak C dan A umumnya berasosiasi dengan material mirip humat.

Zat humat merupakan kompleks zat bioaktif yang dapat bersumber dari tanah, humus, gambut, sapropel, air alami, dan berbagai lingkungan lainnya. Zat humat merupakan makromolekul organik dengan berbagai sifat dan kompleksitas struktur yang tinggi. Umumnya terbagi menjadi tiga komponen berdasarkan kelarutannya, yaitu asam fulvat, asam humat, dan humin. Perbedaan antara asam fulvat dan asam humat berada pada jumlah gugus fungsional berupa karboksil dan fenolik, variasi berat molekul, serta

panjang polimerisasi. Adapun asam fulvat merupakan fraksi yang larut dalam air pada pH basa dan asam. Sedangkan asam humat merupakan fraksi yang larut pada pH basa tetapi mengendap pada pH asam. Serta pada humin tidak larut pada semua kondisi pH.

Adapun faktor yang mempengaruhi panjang gelombang yang berbeda yaitu pada pembentukan lingkungan mikro yang berbeda yang mengakibatkan perbedaan komposisi fluoresensi, perbedaan konsentrasi yang mempengaruhi efek penyaringan, serta sifat larutan yang berbeda seperti pH dan salinitas.

2.1.2 Keberadaan Natural Organic Matter Pada Air Minum

Air baku adalah air yang menjadi bahan baku utama air olahan untuk suatu kegunaan tertentu, dimana kegunaan air baku terbesar adalah untuk air minum. Pada dasarnya setiap sumber air yang meliputi air permukaan, cekungan air tanah, dan atau air hujan dapat digunakan untuk air baku jika telah dilakukan pengujian dan memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Penetapan standar baku mutu ini diperuntukkan agar dalam penyelenggaraan penyediaan air minum dapat menghasilkan kualitas air minum yang tidak berdampak pada kesehatan masyarakat.

Sumber air minum pada umumnya mengandung NOM diakibatkan oleh interaksi antara siklus hidrologi dengan biosfer dan geosfer dari degradasi sisa-sisa hewan, tumbuhan dan mikroorganisme, termasuk ekskresi mikroba. Namun keberadaan NOM ini didukung pula oleh pesatnya pertumbuhan populasi manusia dan industrialisasi ataupun kegiatan pertanian yang menyebabkan peningkatan polutan organik. Jumlah, karakter, dan sifat NOM sangat bervariasi bergantung pada asal muasal perairan dan siklus biogeokimia lingkungan sekitarnya.

Keberadaan NOM dengan perubahan jumlah dan komposisi NOM yang sering terjadi berdampak langsung pada efisiensi keseluruhan proses pengolahan air serta kualitas air minum yang dihasilkan, sebagai berikut:

1. Bahan organik merupakan prekursor (senyawa yang berpartisipasi dalam reaksi kimia yang menghasilkan senyawa lain) berupa produk samping *disinfectant by-products* (DBP) atau desinfeksi organik terhalogenasi pada

proses desinfeksi air minum. Bahan organik berhalogen ketika bereaksi dengan klor dapat menghasilkan *trihalomethanes* (THM), *haloacetonitriles* (HANs) dan *haloacetic acid* (HAA) atau senyawa yang bersifat karsinogenik sehingga dapat merugikan kesehatan.

2. Kehadiran NOM berpotensi menurunkan kualitas air minum dengan mengubah sifat organoleptiknya (warna, rasa dan bau). Melalui sifat ini pula komponen NOM seperti fulvic acid atau humic acid akan bereaksi dengan logam berat dan berpotensi menimbulkan terbentuknya senyawa toksik.
3. NOM dapat bertindak sebagai pembawa polutan organik dan anorganik beracun seperti pestisida dan radionuklida.

2.2 Alternatif Pengolahan Natural Organic Matter

Keberadaan NOM dalam sumber air berpotensi mempengaruhi efektivitas proses pengolahan air minum, sehingga untuk meminimasi permasalahan yang akan timbul dapat dilakukan dengan proses penyisihan NOM. Upaya penyisihan NOM dapat melalui proses pengolahan sederhana, seperti koagulasi, adsorpsi, serta ozonasi. Selain itu, kombinasi proses pengolahan dengan berbagai jenis pengolahan lainnya dapat digunakan sebagai upaya menyisihkan NOM.

2.2.1 Koagulasi-Flokulasi

Penyisihan tersebut dapat dilakukan melalui pengolahan secara kimia yaitu dengan proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi penanganan oleh koagulan terhadap partikel-partikel koloid. Koagulan tersebut akan men-destabilisasi partikel koloid dalam air limbah agar flok dapat terbentuk. Flokulasi adalah proses berkumpulnya partikel-partikel flok mikro membentuk aglomerasi besar melalui pengadukan fisis. Pada proses koagulasi dipengaruhi oleh dosis koagulan, waktu pengendapan, dan pH. Menurut (Sillanpää et al., 2018) terdapat empat langkah dalam mekanisme koagulasi/flokulasi, antara lain netralisasi muatan, koagulasi sapan, bridging, dan flokulasi patch.

1. Netralisasi Muatan

Pada proses koagulasi terdapat partikel koloid yang bermuatan negatif sehingga menyebabkan terjadinya tolakan. Koagulan ditambahkan untuk

menstabilkan partikel koloid sehingga tidak terjadi gaya tolak menolak. Biasanya koagulan yang ditambahkan berupa polielektrolit yang menyebabkan potensi zeta koloid mendekati nol.

2. Koagulasi Sapan

Setelah koagulan ditambahkan maka akan terjadi pengendapan dan secara bertahap terbentuk gumpalan besar

3. Bridging

Proses bridging flokulasi dapat menghasilkan flok yang sangat besar karena adsorpsi senyawa rantai linier berbobot molekul tinggi yang umumnya berbahan dasar poliakrilamida

4. Flokulasi Patch

Proses ini terjadi karena adanya adsorpsi polimer pada partikel sehingga terjadi pembalikan muatan lokal. Hasil dari proses ini adalah adanya gaya tarik menarik antar setiap partikel

Menurut (Sukmana et al., 2021) koagulan dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu koagulan kimia dan koagulan alami. Koagulan kimia meliputi hidrolisis garam logam seperti besi klorida, besi sulfat, magnesium klorida, dan tawas; garam logam pra-hidrolisis seperti polialuminium klorida (PAC), poli besi klorida (PFC). Dan koagulan alami yang mengandung zat mikroorganisme seperti bakteri, mikroalga, jamur; berbahan dasar hewani seperti kitosan dan isinglass serta berbahan dasar tumbuhan seperti ekstrak biji dan tumbuhan, pati dan limbah buah.

Kelebihan:

1. Tingkat pH rendah dan dosis koagulan tinggi dapat mengubah bentuk hidrolisat koagulan dan hidroksida logam
2. Proses nya sederhana serta baik untuk reklamasi atau menghilangkan polutan

Kekurangan:

1. Pengendapan beban pencemar tersebut sangat tergantung pada interaksi antara koagulan dengan beban pencemar yang akan tersisihkan melalui proses pengendapan partikel koloid tersebut.

2. Ketika kuantitas reagen meningkat, laju penghilangan NOM dalam sumber air terus meningkat; namun, terlalu banyak koagulan akan meningkatkan biaya pemrosesan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Kamal, 2021) diketahui bahwasannya pada air kali yang berada di Kecamatan Wonokromo, Surabaya diperoleh karakteristik kualitas air tersebut menunjukkan TOC sebesar 11,67 mg/L dan UV210 (senyawa aromatik) sebesar 1,4983 cm^{-1} . Setelah perlakuan *pre*-oksidasi menggunakan larutan CaOCl_2 pada variasi dosis 25 mg/L dan koagulasi menggunakan alum sebanyak 35 mg/L pada pengadukan cepat 120 rp selama 3 menit dan pengadukan lambat 35 rpm selama 15 menit yang diikuti pengendapan 30 menit, diperoleh penurunan TOC menjadi 9,11 ,g/L dan UV210 menjadi 1,3314 cm^{-1} . Dari perolehan tersebut, dapat dikatakan bahwa kombinasi dari perlakuan *pre*-oksidasi dan koagulasi ini kurang efektif dalam menurunkan TOC dan bahan organik aromatik.

2.2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah salah satu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben adalah suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon. Metode adsorpsi punya beberapa parameter yang memengaruhinya, seperti pH, dosis adsorben, suhu, dan waktu kontak. Adapun dalam proses adsorpsi, terdapat adsorben sebagai zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi. Menurut (Sukmana et al., 2021) karakteristik adsorben meliputi:

1. Bersifat spesifik dan terbuat dari bahan-bahan yang berpori
2. Ukuran pori adsorben biasanya sangat kecil
3. Mempunyai porositas yang tinggi
4. Bersifat hidrofobik amorphous

Pemilihan jenis adsorben dalam proses adsorpsi harus disesuaikan dengan sifat dan keadaan zat yang akan diadsorpsi dan nilai komersilnya. Prinsip

pemisahan pada adsorben berdasarkan perbedaan berat molekulnya atau perbedaan polaritas yang mengakibatkan sebagian molekul melekat pada permukaan adsorben lebih erat dibandingkan molekul lain. Adapun mekanisme dari proses adsorpsi (Sotelo et al., 2013) meliputi:

1. Molekul kontaminan/zat terlarut akan berpindah ke lapisan batas penyerap
2. Difusi terjadi dari lapisan batas ke permukaan luar adsorben
3. Transportasi dari permukaan luar ke tempat aktif pori-pori
4. Adsorpsi sorbat ke fase padat

Kelebihan:

1. Proses pada adsorpsi praktis dan sederhana untuk diterapkan untuk menghilangkan polutan organik, serta
2. Adsorben dapat menjerat berbagai polutan baik senyawa organik

Kekurangan:

1. Kompleksitas NOM, keragaman faktor lingkungan perairan, serta perbedaan antar adsorben, sampai batas tertentu membatasi penerapan metode adsorpsi
2. Memerlukan regenerasi adsorben

Melalui penelitian oleh Aussie et al., (2019) ditemukan terdapat kandungan TOC sebesar 343 mg/L pada outlet IPAL PT. Multi Bintang Indonesia, kemudian dilakukan kombinasi *pretreatment* adsorpsi dengan ultrafiltrasi. Adapun adsorben yang digunakan yaitu karbon aktif tempurung kelapa Haycarb dan karbon aktif batubara Calgon. Diperoleh penurunan nilai TOC tanpa *pretreatment* adsorpsi adalah sebesar 293,41 mg/L, sedangkan setelah melalui adsorpsi menggunakan adsorben Haycarb penurunan menjadi sebesar 1,511 mg/L serta penurunan TOC menggunakan adsorben Calgon menjadi 1,086 mg/L.

Penggunaan ultrafiltrasi dalam mengurangi zat humat dapat menimbulkan *fouling* pada membran, sehingga untuk meminimalisir potensi tersebut diberi perlakuan awal sebelum proses membran. Maka dari itu melalui pertimbangan karbon aktif sebagai adsorben yang memiliki kemampuan untuk menyisihkan kontaminan yang baik di terapkan sebagai kombinasi untuk *pretreatment*.

2.2.3 Ozon

Penyisihan bahan organik aromatik dan organik tak jenuh alami yang terkandung pada air baku dapat dilakukan dengan ozonisasi. Ozon merupakan salah satu bahan dengan potensial reduksi oksidasi yang cukup tinggi, karena itu molekul ozon dapat bereaksi dengan berbagai senyawa dalam air (Beltran, 2003). Semakin besar konsentrasi dan waktu kontak ozon maka efisiensi penyisihan UV254 semakin besar. Penurunan UV254 juga mengindikasikan proses ozonisasi dapat merubah karakter bahan organik yang ada pada air, dimana bahan organik yang bersifat hydrophobic menjadi bahan organik yang bersifat hydrophilic.

Proses ozonisasi akan menghasilkan Low Molecular Weight (LMW) dimana produk tersebut dihasilkan dari oksidasi senyawa organik yang terpecah menjadi LMW yang merupakan senyawa yang mudah didegradasi (Sururi et al., 2018). Reaksi langsung pada proses ozonisasi berperan dalam merusak mekanisme yang terjadi secara perlahan pada zat organik yang secara alamiah terdapat pada air menjadi asam karboksilat, aldehyd, dan keton dan tidak langsung menjadi CO₂. Pada awal proses ozonisasi, bahan organik yang akan lebih banyak diurai merupakan bahan organik yang lebih sederhana. Keberadaan bahan organik yang mudah terurai secara alami diwakili oleh pengukuran parameter BOD.

Kelebihan:

1. Hasil dekomposisi ozon berupa OH radikal yang merupakan oksidator lebih kuat dan bersifat tidak selektif sehingga dapat mendegradasi bahan organik dalam air

Kekurangan:

1. Ozonasi air minum dapat membentuk sejumlah produk samping organik *Low Molecular Weight* (LMW) yang dihasilkan dari penguraian oksidatif NOM kompleks, yang mengandung senyawa organik seperti asam organik, aldehyda, dan keton, yang mudah terurai secara hayati dan merupakan sebagian besar *Assimilable Organic Carbon* (AOC) atau karbon organik yang dapat diasimilasikan, sehingga mengakibatkan pembentukan biofilm dan regenerasi mikroorganisme dalam sistem distribusi air.

2.3 Penurunan Kadar Natural Organic Matter

Perubahan kuantitas NOM mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pengoperasian proses pengolahan air. Perubahan ini juga menyebabkan kesulitan operasional pada perusahaan air minum. Variabilitas musiman yang tinggi dan kecenderungan peningkatan konsentrasi NOM menimbulkan tantangan bagi fasilitas pengolahan air dalam hal optimalisasi operasional dan pengendalian proses yang tepat. Untuk meningkatkan dan mengoptimalkan proses ini, penting untuk mengkarakterisasi dan mengukur dan memahami reaktivitas NOM atau fraksinya. Setelah komposisi dan kuantitas NOM dalam sumber air diperiksa, metode yang sesuai untuk menghilangkan NOM secara efisien dapat diterapkan.

2.3.1 Adsorpsi Secara Batch

Adsorpsi adalah proses yang melibatkan akumulasi suatu zat terhadap spesies molekuler dengan konsentrasi yang lebih tinggi pada permukaannya. Dalam definisi lain, adsorpsi dapat mencakup penghilangan molekul zat terlarut (zat yang dilarutkan dalam pelarut) dari larutan dan pelarut (fasa kontinu suatu larutan, di mana zat terlarut dilarutkan) dari permukaan padat dan pengikatan molekul zat terlarut ke permukaan.

Penerapan yang dilakukan untuk mengadsorpsi zat terlarut dari larutan cair dengan kuantitas yang diolah jumlahnya kecil seperti dalam skala laboratorium dengan mencampurkan antara media dan solute secara agitasi atau pengadukan, maka proses adsorpsi dilaksanakan secara batch. Tujuan dari adsorpsi secara batch yaitu untuk mengetahui karakteristik adsorben yang dinyatakan dalam hubungan antara penurunan zat atau adsorbat yang diserap dengan variasi massa dan waktu kontak adsorben yang digunakan.

Dalam adsorpsi batch percobaan dilakukan berulang dengan melakukan variasi pada massa adsorben atau konsentrasi. Maka dari itu melalui proses ini akan menghubungkan kapasitas pemuatan adsorbat dengan konsentrasi adsorbat dalam aliran proses tertentu adalah bentuk paling umum untuk menyatakan data kesetimbangan. Dimana proses ini dipengaruhi oleh:

1. Sifat adsorben

2. Siklus adsorpsi dapat mengubah karakteristik adsorben kemungkinan disebabkan oleh perubahan progresif pada struktur pori
3. Asal dalam cara pembuatan adsorben

Berdasarkan penelitian (Caroline, 2004) mengenai penurunan COD dengan adsorpsi karbon aktif melalui variasi 30 menit, 60 menit, dan 120 menit dengan volume sampel sebanyak 250 mL dan berat adsorben 2,5 gram, 10 gram, 15 gram, 20 gram, dan 30 gram. Diharapkan bahwasannya berat karbon aktif optimum adalah pada 30 gram yang mampu menghasilkan konsentrasi COD akhir rendah. Serta waktu pengadukan optimum pada 30 dan 60 menit.




2.3.2 Adsorben Granular Activated Carbon

Berdasarkan alternatif proses pengolahan yang diketahui, metode adsorpsi dipilih menjadi alternatif proses pengolahan untuk penurunan kadar NOM dikarenakan adsorpsi merupakan proses yang praktis dan sederhana untuk diterapkan dalam pengolahan air, serta penggunaan adsorben dapat diperoleh dengan pemanfaatan secara alami sehingga mampu menekan biaya.

Salah satu adsorben yang populer saat ini adalah karbon aktif karena cocok digunakan untuk pemurnian dan menghilangkan polutan organik. Secara umum, karbon adalah suatu bahan padat yang berpori-pori dan merupakan hasil pembakaran dari bahan yang mengandung unsur C. Sehingga karbon aktif adalah karbon yang telah diaktivasi menggunakan proses fisika dan kimia untuk memperbesar luas permukaan dan membuka pori-pori karbon dengan demikian kapasitas adsorpsinya menjadi lebih tinggi.

Karbon aktif terdiri dari 2 jenis, yaitu berdasarkan bentuk dan fungsinya. Adapun perbedaan karbon aktif berdasarkan bentuknya terdapat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Jenis Karbon Aktif

Jenis Karbon	Ukuran (mm)	Kegunaan	Bentuk
Powdered Activated Carbon (PAC)	<0.18	Digunakan pada fasa cair	
Granular Activated Carbon (GAC)	0.2 - 0.5	Digunakan pada fasa cair dan gas	
Extruded Activated Carbon (EAC)	0.8 - 5	Digunakan pada fasa gas	

Sumber: Suprianofa, 2016

Sedangkan, berdasarkan fungsinya karbon aktif terbagi menjadi 2 jenis yaitu karbon aktif penyerap zat padat dan karbon aktif penyerap gas.

1. Karbon Aktif Penyerap Zat Padat

Karbon aktif ini dihasilkan dari bahan baku yang memiliki karakteristik yaitu densitas kecil, struktur lemah dan rapuh (mudah hancur). Karbon aktif ini digunakan pada fase cair untuk menyerap kontaminan atau pengotor seperti logam berat dan menghilangkan warna dan bau yang tidak diinginkan

2. Karbon Aktif Penyerap Zat Gas

Karbon aktif ini biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras dan mempunyai tipe pori lebih halus. Karbon aktif sebagai penyerap uap digunakan pada fase gas untuk memperoleh pemurnian gas biasanya digunakan pada proses desulfurisasi

Berdasarkan klasifikasi yang telah diketahui, maka untuk penurunan kadar NOM pada sumber air jenis karbon yang akan digunakan adalah GAC yang di peruntukkan untuk fasa cair untuk menjadi penghalang secara terus-menerus terhadap kontaminan. Adapun karbon aktif granular memiliki karakteristik berikut:

1. GAC memiliki permukaan kasar dan berpori makro dengan celah dan tonjolan yang tersebar luas.
2. Dapat digunakan untuk pengolahan dan pengendalian emisi polutan, proses pemurnian, penyimpanan gas, katalis, pendukung katalitik, dalam penghilang bau, pemisahan, detoksifikasi, dll.

Tabel 2. 3 Contoh Spesifikasi Granular Activated Carbon

Item	Standar Pemilihan
Ukuran Butiran	8 - 32 mesh (2,302 – 0,495 mm) lebih dari 95 %
Methylene blue decoloration	> 150 mg/g
Iodine Adsorption	> 1.000 mg/g
Dry Weight reduction	< 5 %
pH	4 - 11
Chloride	< 0,5 %
Lead (Pb)	< 10 ppm
Zinc (Zn)	< 50 ppm
Cadmium (Cd)	< 1 ppm
Arsenic (As)	< 2 ppm

Sumber: JWVA, 1977

Karbon aktif dapat diproduksi dari berbagai bahan atau material yang mengandung unsur karbon. Adapun jenis-jenis GAC yang dapat digunakan menjadi adsorben, meliputi:

Tabel 2. 4 Karakteristik Jenis-Jenis *Granular Activated Carbon*

No	Jenis Karbon Aktif	Karakteristik	Efisiensi
1	Tempurung Kelapa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Komponen utama tempurung kelapa terdiri dari: selulosa untuk memperkuat struktur sehingga tempurung kelapa menjadi keras; hemiselulosa sebagai matrix pengisi serat selulosa; serta lignin untuk mengikat sel-sel. 2. Menghasilkan produk berupa karbon aktif granular tanpa membutuhkan proses pembentukan menjadi pellet 3. Memiliki kadar abu yang rendah, mikropori yang banyak 4. Reaktivitas yang tinggi 5. Kelarutan dalam air yang tinggi 	<p>Pada penelitian (Sudibandriyo & Mulyati, 2008), hasil aktivasi menggunakan temperatur yang sama pada tempurung kelapa menghasilkan luas permukaan yang lebih kecil daripada batu bara, hal ini menandakan karbon aktif batu bara lebih baik daripada tempurung kelapa.</p>
2	Serbuk Kayu	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dapat diaplikasikan pada limbah cair untuk mengurangi kadar zat berbahaya seperti logam berat dan zat warna 	<p>Hasil efisiensi bergantung pada jenis kayu yang digunakan seperti pada penelitian (Busyairi et al., 2019), penggunaan serbuk kayu meranti dalam penurunan kadar logam besi (Fe) dan mangan (Mn) pada variasi ukuran adsorben 100 mesh sebesar 99.909% dan 92.919%.</p>
3	Sekam Padi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memiliki komposisi kimia selulosa yang dapat dikonversi menjadi arang 2. Memiliki kemampuan sebagai prekursor karbon aktif yang dapat mengadsorpsi PAH 	<p>Pada penelitian (Laba et al., 2020), penggunaan sekam padi dalam adsorbi COD menghasilkan: (1) Kadar air arang aktif sekam padi memenuhi persyaratan SNI yaitu dibawah 15 %; (1) Kadar zat menguap memenuhi SNI yaitu</p>

		<ol style="list-style-type: none"> 3. Ketersediaan bahan baku sekam padi yang terbarukan dan melimpah 4. Memiliki kemampuan sebagai prekursor karbon aktif yang dapat mengadsorpsi PAH. 	<p>dibawah 25%; (3) Kadar abu tidak memenuhi SNI yaitu diatas 10%; (4) Kadar karbon terikat tidak memenuhi SNI yaitu dibawah 60%</p>
4	Batubara	<ol style="list-style-type: none"> 1. Unsur-unsur utamanya terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen yang berpotensi untuk diolah menjadi karbon aktif 2. Ketersediaan bahan yang ada cukup melimpah 3. Karbon tidak selektif terhadap penjerapan adsorbat 4. Ketidakefisienan untuk penjerapan beberapa jenis adsorbat tertentu dan kebutuhan untuk regenerasi karbon jenuh yang tidak langsung yang menyebabkan hilangnya kapasitas adsorpsi 5. Biaya regenerasi yang mahal 	<p>Hasil efisiensi bergantung pada jenis bahan baku batu bara yang digunakan, msialnya: (1) Penurunan COD dalam air limbah industri tahu menggunakan karbon aktif dari batu bara muda menghasilkan persentase penyerapan 63,8463% dalam penelitian oleh (Rara, 2022)</p>

Pada penelitian ini, GAC yang digunakan adalah karbon aktif dengan bahan dasar dari tempurung kelapa dan batubara, hal ini didasarakan pada pertimbangan karakteristik tempurung kelapa dalam bentuk karbon yang berpotensi menyerap berbagai gas, uap, dan padatan.

2.3.3 Aktivasi Karbon Aktif

Karbon aktif adalah salah satu zat yang mempunyai daya menyerap zat-zat polutan yang ada dalam air sehingga zat tersebut akan menempel atau terkonsentrasi pada permukaan karbon aktif, sehingga konsentrasi zat polutan yang ada dalam air tersebut menjadi hilang atau berkurang. Menurut (Istighfarini et al., 2017) karbon aktif dengan ukuran partikel yang besar dengan massa yang sedikit menyebabkan ruang bagi polutan untuk melekat pada karbon aktif sedikit, hal ini

disebabkan oleh kecilnya dan sedikitnya jumlah luas permukaan yang ada, sehingga proses adsorpsi yang terjadi juga tidak akan besar.

Karbon aktif mengacu pada berbagai bahan berkarbonisasi dengan tingkat porositas tinggi dan luas permukaan tinggi. Untuk meningkatkan ukuran pori karbon sehingga dapat menangkap lebih banyak kontaminan maka dilakukan aktivasi. Dimana, pemilihan bahan aktivator kimia merupakan langkah besar dalam mengendalikan kinerja dan penerapan karbon aktif. Pada umumnya karbon aktif dapat diaktivasi dengan 2 cara, meliputi:

1. Metode Kerja Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia dapat diartikan sebagai proses pemutusan rantai karbon pada senyawa-senyawa organik dengan bantuan bahan-bahan kimia. Pada proses aktivasi kimia ini sangat dimungkinkan diperoleh luas permukaan yang sangat tinggi, hal ini adalah salah satu keunggulan aktivasi kimia (Anggraeni & Yuliana, 2015). Bahan dasar yang mengandung lignoselulosa umumnya menggunakan aktivasi kimia. Pada proses aktivasi kimia, karbon hasil pembakaran dicampur dengan larutan kimia yang berperan sebagai activating agent. Larutan activating agen tersebut biasanya berasal menggunakan hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah ($ZnCl_2$, $CaCl_2$), serta asam-asam anorganik (H_2SO_4 dan H_3PO_4).

Setelah proses pencampuran, biasanya dilanjutkan dengan proses pengeringan dan pemanasan. Pada proses ini unsur-unsur mineral aktivator masuk di antara sela sela heksagon dari kristalit dan membuka permukaan yang mula-mula tertutup. Pada saat proses pemanasan dilakukan, senyawa kontaminan yang berada dalam pori-pori menjadi lebih mudah terlepas. Proses pelepasan ini akan semakin mengaktifkan karbon dengan meningkatkan daya serap karbon aktif dan memperlebar luas permukaan (Nurrahman & Permana, 2009).

Berdasarkan penelitian (Wulandari et al, 2014), aktivasi karbon aktif tempurung kelapa dilakukan dengan merendam arang tempurung kelapa dalam asam klorida (HCl) dan asam fosfat (H_3PO_4) 10% selama 24 jam.

Kemudian campuran tersebut disaring dan dicuci dengan aquades lalu dikeringkan dalam oven dengan variasi temperatur 100°C dan 150°C selama 2 jam, setelah itu didinginkan dalam desikator. Hasil penelitian tersebut diperoleh bahwasannya hasil penyaringan menggunakan karbon aktif dengan aktivator H₃PO₄ pada suhu 150°C terlihat lebih jernih.

Berdasarkan penelitian (Kusdarini et al, 2017). Aktivasi karbon aktif batubara dilakukan menggunakan larutan aktivator H₃PO₄ dan NH₄HCO₃ dengan konsentrasi yang berbeda, yaitu 1, 1,5, 2, dan 2,5 M pada temperatur kamar selama 8 jam. Karena aktivator bersifat asam, arang batubara di netralkan dengan NaOH 0,1 M dan aquades. Selanjutnya arang batubara diaktivasi secara fisika, yaitu dengan memanaskan arang batubara dalam furnace pada temperatur 600°C selama 2 jam. Diperoleh bahwasannya pemakaian aktivator kombinasi H₃PO₄ dan NH₄HCO₃ menghasilkan karbon aktif dengan peningkatan bilangan iodin sampai 5,6% dibandingkan pemakaian aktivator tunggal H₃PO₄.

Semakin bertambahnya konsentrasi aktivator juga membuat kadar air semakin rendah karena semakin tinggi konsentrasi aktivator, kandungan air yang ada dalam pori-pori karbon akan lepas. Akibatnya, luas permukaan karbon aktif akan semakin luas. Konsentrasi aktivator memberikan pengaruh pada proses aktivasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi aktivator, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori dari karbon aktif, sehingga volume pori semakin luas. Dengan demikian daya serapnya semakin besar pula. Selain itu, aktivator dapat mendegradasi dan mendehidrasi molekul organik selama proses karbonisasi/kalsinasi (Sani, 2011).

2. Metode Kerja Aktivasi Fisika

Pada metode aktivasi fisika, massa karbon juga mengalami pengurangan karena adanya perubahan struktur karbon. Salah satu kekurangan proses fisika ini adalah pada saat terjadi kelebihan oksidasi eksternal sewaktu gas pengoksidasi berdifusi pada karbon sehingga terjadi pengurangan ukuran adsorben (Shofa, 2012). Aktivasi fisika merupakan

proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu 800°C hingga 900°C.

Dalam penelitian oleh (Aryani, 2019), dilakukan aktivasi fisika pada pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa dengan pembakaran pada suhu 500°C selama 4 jam, sedangkan menurut (Pambayun et al., 2013) tempurung kelapa dapat dibuat menjadi karbon aktif sesuai SII No.025879 dengan menggunakan metode aktivasi fisika pirolisis 700°C selama 4 jam dengan injeksi nitrogen.

Apabila suhu atau temperatur tinggi maka pori-pori karbon aktif akan semakin besar, namun terdapat kelemahan apabila suhu terlalu tinggi karena karbon aktif akan menjadi rapuh dan merusak strukturnya. Suhu yang tinggi ini akan mengikis permukaan pori karbon dan menyebabkan penurunan daya serap.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan uji penurunan kadar NOM menggunakan adsorpsi yang berlangsung selama lima bulan dengan tempat penelitian di Laboratorium Air Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Pelaksanaan penelitian diawali dengan trial dan error untuk melihat konsentrasi senyawa organik dalam variasi sampel dan kemampuan adsorben untuk disesuaikan dengan kebutuhan data penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini diperlukan pengamatan berupa hasil uji NOM menggunakan instrumen atau alat-alat dan bahan riset yang didasarkan pada kebutuhan penelitian, meliputi:

1. Alat

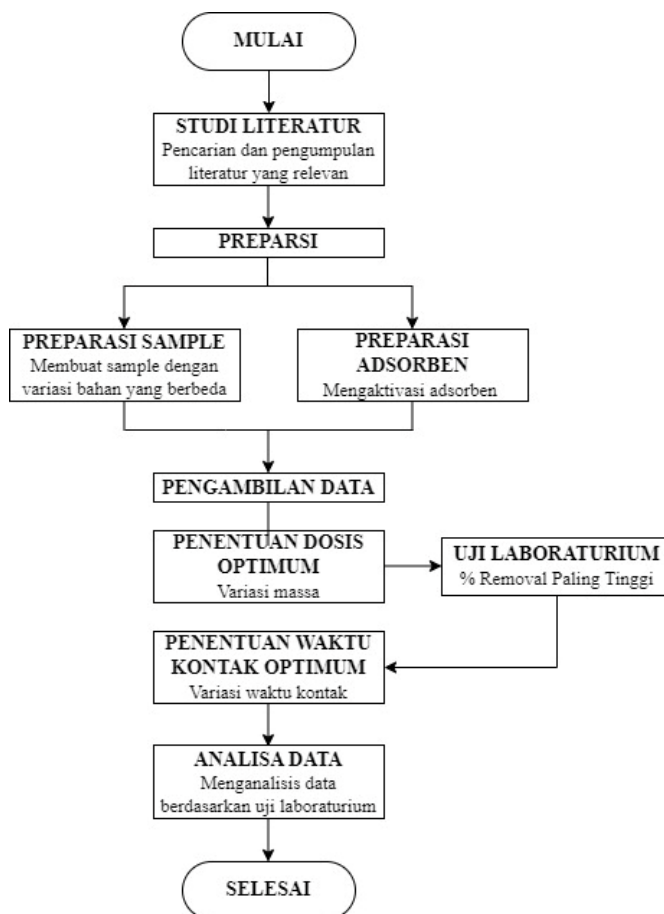
- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| a. Jerigen 5 L | j. Kuvet |
| b. Gelas Beker 500 mL | k. Neraca Analitik |
| c. Gelas Beker 250 mL | l. Oven |
| d. Erlenmeyer 250 mL | m. Magnetic Stirer |
| e. Pipet ukur 10 mL | n. Spektrofluorometer |
| f. Propipet | o. Spektrofotometer Uv-vis |
| g. Spatula | p. Turbidimeter |
| h. Gelas Arloji | q. Thermometer |
| i. Batang Pengaduk | r. pH Universal |

2. Bahan

- | | |
|----------------------------------|---|
| a. Fulvic Acid | d. Karbon Aktif Batubara |
| b. Humic Acid | e. Larutan H ₃ PO ₄ 10% |
| c. Karbon Aktif Tempurung Kelapa | f. Larutan NaOH |
| | g. Aquades |

3.3 Prosedur Analisis Data

Terdapat bagan alir penelitian yang menjadi langkah-langkah untuk mendukung proses penelitian yang agar penelitian dapat berjalan lebih terarah.



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian ini dilakukan analisa data sebagai suatu proses mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh dari catatan lapangan dan dokumentasi dengan cara mengorganisasikan dan menyusun data untuk dapat ditarik kesimpulan sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri maupun orang lain. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.3.1 Metode Pembuatan Sample

Pembuatan sample berupa air sintetik menggunakan penambahan senyawa organik seperti humic acid dan fulvic acid seperti yang terlampir pada Gambar 3.2



Gambar 3. 2 Bahan Organik (a) Fulvic Acid (b) Humic Acid

Berdasarkan fungsinya, larutan fulvic acid biasanya digunakan sebagai vitamin tanaman untuk menyerap nutrisi dan mineral secara instant, sedangkan humic acid biasanya dimanfaatkan untuk pengendali jamur tanah serta meningkatkan mikroorganisme tanah. Penggunaan asam humat pada tanaman dapat terinfiltrasi kedalam badan air dan menjadi sumber keberadaan NOM yang mampu meningkatkan pembentukan produk samping desinfeksi beracun terhadap pengolahan air minum.

Pembuatan sample pada penelitian ini dengan mencampurkan aquades pada variasi konsentrasi senyawa organik berupa asam humat dan asam fulvat sebesar 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Adapun senyawa asam humat dan asam fulvat yang digunakan adalah pupuk dalam bentuk powder. Kemudian akan disimpan pada wadah plastik dan dapat diawetkan dengan didinginkan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Adapun langkah-langkah pembuatan air sintetik dalam penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Memasukkan air kedalam jerigen.
2. Menimbang senyawa asam humat dan asam fulvat sebanyak 5 mg, 7,5 mg, dan 10 mg.
3. Memasukkan air kedalam gelas beaker 500 mL, kemudian menambahkan senyawa organik dan menghomogenkannya menggunakan magnetic stirrer.
4. Memindahkan kedalam botol berukuran 500 mL.
5. Mendinginkan selama 24 jam dengan didinginkan pada suhu $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

6. Melakukan analisis dengan instrumen spektrofotometer untuk parameter fluoresensi

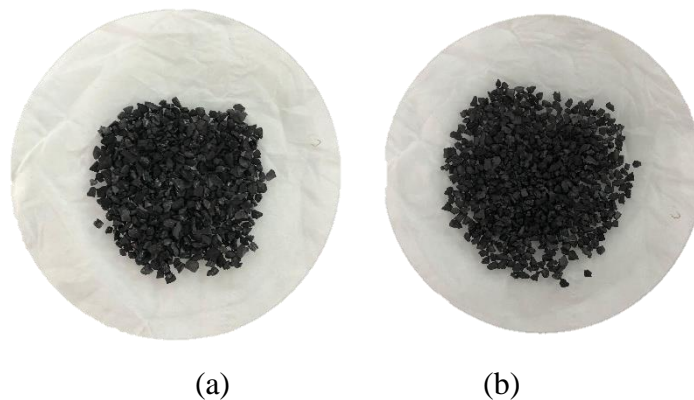
3.3.2 Metode Pengolahan Adsorpsi Menggunakan GAC

Sebelum melakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif, diperlukan penyiapan bahan adsorben untuk menyesuaikan ukuran dan proses aktivasi yang menghasilkan efisiensi removal paling tinggi.

1. Tahapan Penyiapan GAC

a. Penentuan ukuran GAC

Ukuran partikel GAC biasanya digambarkan oleh ukuran mesh-nya. Berdasarkan Japan Water Works Association, spesifikasi GAC menunjukkan bahwa ukuran GAC berada pada 8 - 32 mesh. Umumnya, pada penanganan limbah cair, kebanyakan digunakan GAC dengan ukuran partikel 8 x 30 dan 12 x 40 mesh (Corbitt, 1990). Maka dari itu, ukuran GAC yang akan digunakan yaitu 8 mesh. Dalam memperoleh ukuran sesuai yang dibutuhkan, maka dilakukan penyaringan menggunakan *sieve shaker*. Jenis GAC yang digunakan diperoleh dari karbon aktif tempurung kelapa lokal dan karbon aktif batubara Jacobi 2000. Adapun GAC yang digunakan terlampir pada Gambar 3.3



Gambar 3. 3 GAC (a) Batubara (b) Tempurung Kelapa

b. Aktivasi GAC

Proses aktivasi merupakan suatu perlakuan terhadap karbon aktif yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga

mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia berupa luas permukaan yang bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Pada umumnya karbon aktif dapat diaktivasi dengan 2 cara, meliputi aktivasi kimia dan fisika.

Dalam penelitian dilakukan aktivasi secara kimia dan fisika, dimana hasil kedua aktivasi tersebut akan diujikan pada salah satu konsentrasi sample untuk dilihat efisiensi removal yang paling tinggi. Adapun langkah-langkah perlakuan aktivasi adalah sebagai berikut:

1. Aktivasi Kimia

Berdasarkan definisinya, aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Dalam penelitian ini, larutan aktivator yang digunakan adalah H_3PO_4 10%.

- a. Menimbang karbon aktif sebanyak 225 gr
- b. Menyiapkan larutan aktivator H_3PO_4 10%
- c. Merendam karbon aktif dengan larutan aktivator selama 24 jam
- d. Membilas karbon aktif yang telah direndam menggunakan aquades
- e. Melakukan pengukuran pH pada air bilasan, apabila pH yang diperoleh asam maka akan ditambahkan dengan larutan NaOH hingga pH sama dengan pH aquades
- f. Setelah direndam, karbon aktif disaring dan dicuci menggunakan aquades
- g. Kemudian, sampel dikeringkan didalam oven dengan suhu $110^\circ C$, lalu didinginkan dalam desikator.

2. Aktivasi Fisika

Perlakuan aktivasi fisika menandakan dilakukannya pemanasan karbon dengan suhu tertentu pada suatu reaktor panas seperti furnace.

- a. Menimbang karbon aktif sebanyak 225 gr
- b. Memasukan karbon aktif kedalam cawan kursibel
- c. Menghidupkan furnace dengan kontrol kenaikan suhu setiap $200^\circ C$ hingga suhu akhir $600^\circ C$.

- d. Jika suhu telah mencapai 600°C , maka mendinginkannya selama 2 jam.
- e. Menurunkan suhu setiap 200°C sebelum akhirnya alat furnace dimatikan.
- f. Mengeluarkan karbon aktif dari furnace 24 jam setelahnya.

2. Tahapan Penerapan Adsorpsi

a. Penentuan Massa Adsorben

Pada proses ini memvariasikan massa sebesar 2,5 gram, 5 gram, 7,5 gram, 10 gram, dan 12,5 gram pada 250 ml sampel dengan kecepatan putaran 60 rpm selama 120 menit. Berikut ialah langkah-langkahnya yaitu:

- a. Menyiapkan 5 buah gelas beker ukuran 250 mL.
- b. Menuangkan 250 mL air sampel ke dalam gelas beker.
- c. Mengisi gelas beker sesuai dengan variasi massa yang ditentukan.
- d. Mengatur kecepatan pengadukan pada 60 rpm dengan waktu kontak 120 menit.
- e. Setelah pengadukan selesai, sampel didiamkan selama 30 menit agar mengendapkan partikel-partikel makro.
- f. Mengambil supernatan menggunakan pipet ukur dan menyaring dengan *filltering appartus glass vacum filtration* menggunakan kertas saring membran ukuran $0,45\ \mu\text{m}$.
- g. Melakukan analisis dengan instrumen spektrofotometer untuk parameter fluoresensi, serta instrumen spektrofotometer Uv-vis untuk parameter Uv-254.

Melalui analisis yang dilakukan, maka akan diketahui massa optimum. Hal ini diperoleh setelah menghitung efisiensi removal dari perolehan intensitas fluoresensi.

b. Penentuan waktu kontak

Pada penentuan waktu kontak dilakukan dengan menambahkan massa adsorben optimum yang diperoleh pada kecepatan pengadukan 60 rpm pada interval 30 menit, yaitu 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit. Berikut ialah langkah-langkahnya yaitu:

- a. Menyiapkan 4 buah gelas beker ukuran 250 mL.
- b. Menuangkan 250 mL air sampel kedalam gelas beker.
- c. Mengisi gelas beker sesuai dengan massa adsorben optimum yang diperoleh.
- d. Mengatur kecepatan pengadukan pada 60 rpm dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.
- e. Setelah pengadukan selesai, sampel didiamkan selama 30 menit agar mengendapkan partikel-partikel makro.
- f. Mengambil supernatan menggunakan pipet ukur dan menyaring dengan *filltering appartus glass vacum filtration* menggunakan kertas saring membran ukuran 0,45 μm .
- g. Melakukan analisis dengan instrumen spetrofluorometer untuk parameter fluoresensi, serta instrumen spektrofotometer Uv-vis untuk parameter Uv-254.

Melalui analisis yang dilakukan, maka akan diketahui waktu kontak optimum. Hal ini diperoleh setelah menghitung efisiensi removal dari perolehan instensitas fluoresensi.

Setelah dilakukan percobaan pendahuluan, maka massa adsorben dan waktu kontak yang digunakan akan dianalisis untuk mengetahui kondisi optimum.

3.3.3 Metode Pengujian Kadar Natural Organic Matter

Analisis kadar NOM dilakukan melalui pengukuran interaksi antara materi dan cahaya yang dapat dilihat dari penyerapan cahaya yang terjadi, baik antara cahaya ultraviolet/cahaya tampak (UV-Vis) maupun cahaya berpendar (fluoresensi). Perbedaan utama antara spektrofotometri dan spektrofluorimetri adalah spektrofotometri mengukur penyerapan cahaya oleh suatu sampel, sedangkan spektrofluorimetri mengukur emisi cahaya fluoresen oleh suatu sampel ketika tereksitasi dengan cahaya dengan panjang gelombang tertentu.

1. *Ultraviolet and Visible Spectroscopy* (UV-Vis)

Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah Hitachi UH5300 UV/VIS Spectrophotometer dan melibatkan kuvet sebagai wadah sampel untuk

dimasukkan kedalam berkas cahaya spektrofotometer. Pengukuran dilakukan dengan rentang panjang gelombang dari 220 nm hingga 550 nm dengan interval 1 nm. Prinsip pengukuran ini yaitu cahaya ultraviolet pada panjang gelombang 254 nm dilewatkan melalui sel kuarsa yang berisi sampel air. Intensitas cahaya yang dilemahkan diukur dengan sensor dan dibagi dengan pengukuran air murni sebelum logaritma dihitung. Pengukuran dilaporkan sebagai absorbansi per panjang lintasan (abs/cm).

Menganalisis efektivitas penurunan kadar NOM menggunakan instrumen UV-Vis melalui pengukuran UV-254 dapat diperoleh melalui perbandingan nilai absorbansi UV sebelum dan sesudah penerapan pengolahan adsorpsi. Nilai absorbansi yang lebih rendah menandakan kondisi tersebut merupakan kondisi optimum yang dapat digunakan oleh karbon aktif untuk menyerap adsorbat.

2. Spektrofluorometer

Pada penelitian ini, instrumen yang digunakan adalah Shimadzu RF 6000 dengan tipe spektrum 3D dengan skala maksimum 2000. Adapun rincian settingan alat yang digunakan ditampilkan pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Settingan Pengukuran Fluoresensi

[Measurement]	
EX Wavelength Start:	220,0 nm
EX Wavelength End:	550,0 nm
Data Interval:	5,0 nm
EM Wavelength Start:	220,0 nm
EM Wavelength End:	550,0 nm
Data Interval:	5,0 nm
Scan Speed:	12000 nm/min
[Instrument]	
EX Bandwidth:	5,0 nm
EM Bandwidth:	5,0 nm

Melalui spektrofluorometri ini akan mewakili hubungan antara intensitas fluoresensi dan panjang gelombang eksitasi atau panjang gelombang emisi. Dalam penelitian ini, teknik analisis spektrofluorometer yang diterapkan adalah analisis matriks eksitasi-emisi (EEM). Dimana karakteristik NOM yang akan diidentifikasi

dalam penelitian ini meliputi *fulvic acid-like* (A) dengan ex/em 260/380–460; *humic acid-like* (C) dengan ex/em 32–260/420–460; *tyrosine-like* (B) dengan ex/em 225–237/310–320; dan *tryptophan-like* (T) dengan ex/em 270–285/340–380.

Cara menganalisis efektivitas penurunan NOM melalui komponen EEM dapat dilakukan dengan metode peak picking dengan perolehan puncak fluoresensi sesuai dengan panjang gelombang eksistasi dan emisi komponen fluoro dalam mengidentifikasi karakteristik NOM. Jika nilai intensitas sesudah penggunaan karbon aktif sebagai adsorben lebih rendah daripada intensitas awal, maka efektivitas penurunan NOM dapat disesuaikan dengan dosis adsorben ataupun waktu kontak optimum.

3.3.4 Metode Analisa Data

Dalam penelitian ini analisis yang dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar NOM menggunakan GAC dapat diperoleh melalui:

1. Efisiensi Penurunan Kadar NOM pada parameter Fluorescence EEM

Efisiensi penyisihan merupakan penurunan konsentrasi intensitas oleh adsorben karbon aktif tempurung kelapa dan batubara. Efisiensi dinyatakan dengan persentase, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi Penyisihan} = \frac{\text{Intensitas Awal} - \text{Intensitas Akhir}}{\text{Intensitas Awal}} \times 100\%$$

Umumnya, semakin besar massa adsorben atau karbon aktif maka akan semakin bertambah jumlah partikel dan luas permukaan karbon aktif, sehingga bertambah pula sisi aktif adsorpsi dan menyebabkan efisiensi penyerapannya pun bertambah. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan efisiensi adsorpsi yang tinggi (Apriliani, 2010).

2. Korelasi Antara Parameter Fluorescence EEM dan UV 254

Tujuan dilakukan perhitungan korelasi adalah untuk mengetahui hubungan antara kedua parameter uji. Uji korelasi yang digunakan dalam penelitian adalah uji korelasi Pearson (r), uji ini diperuntukan data yang berskala interval dan atau rasio (bersifat kuantitatif /parametrik). Adapun data yang digunakan yaitu:

a. Variabel

x: Fluoresensi

y: Absorbansi UV254

n: Banyak sampel

b. Nilai korelasi pearson (r)

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

- Dekat dengan -1: negatif, hubungannya kuat, artinya salah satu variabel berubah maka variabel yang lain juga ikut berubah ke arah yang berlawanan
- Dekat dengan 1: positif, hubungannya kuat, artinya variabel lain berubah dalam arah yang sama
- Dekat dengan 0: hubungannya lemah, tidak ada hubungan antar variabel

c. Hipotesis

- $H_0: \rho = 0$ (tidak ada hubungan)
- $H_A: \rho \neq 0$ (ada hubungan)

d. Nilai t atau putusan hipotesis

$$t = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

- Derajat keasaman (df): n-2
- Tingkat signifikansi (α): 0,05

Putusan hipotesis:

- Nilai $t >$ nilai kritis, $\rho < \alpha$, maka hipotesis ditolak, artinya hubungan tersebut signifikan secara statistik.
- Nilai $t <$ nilai kritis, $\rho > \alpha$, maka hipotesis diterima, artinya tidak ada hubungan tersebut signifikan secara statistik.

Faktor korelasi ini akan bergantung pada parameter kualitas air organik tertentu yang dikorelasikan dan juga akan bergantung pada matriks bahan organik yang diukur.

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

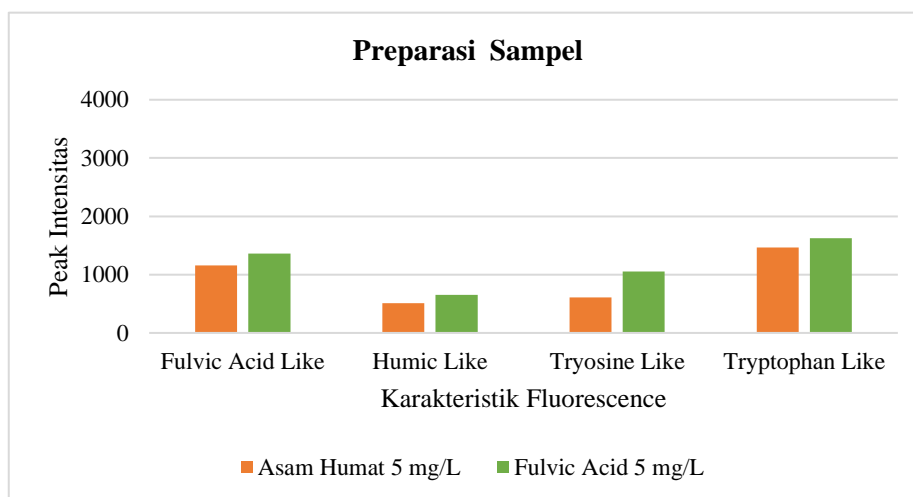
4.1 Analisis Pendahuluan

4.1.1 Penyiapan Sampel

Pada pengujian penurunan kadar NOM dilakukan pembuatan sample berupa air sintetik menggunakan aquades dan senyawa organik berupa *fulvic acid* dengan variasi konsentrasi sebesar 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Sebelumnya, preparasi sampel ini diperoleh atas uji coba menggunakan perbandingan pada senyawa organik lain yaitu *humic acid*. Adapun hasil uji coba dalam penyiapan sampel dilampirkan pada Tabel 4.1

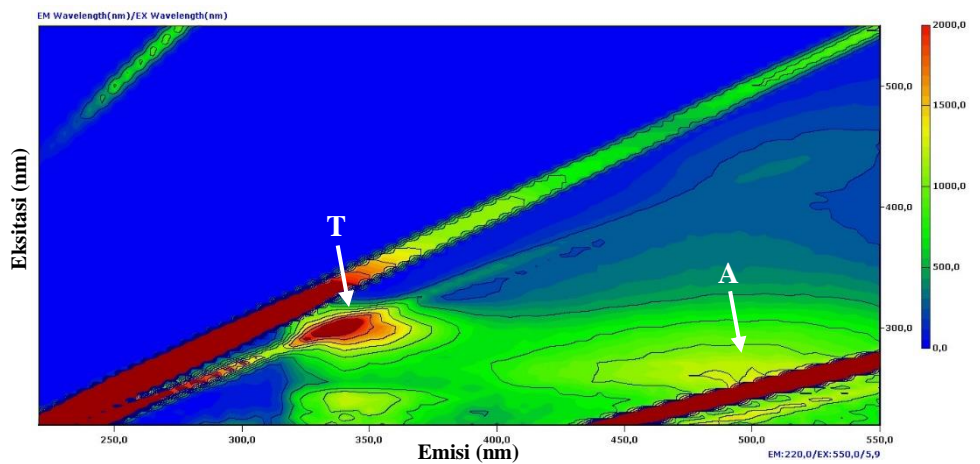
Tabel 4. 1 Intensitas Puncak Variasi Preparasi Sampel

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Asam Humat 5 mg/L	1156,165	507,914	608,174	1467,705
Asam Fulvat 5 mg/L	1359,851	654,189	1055,811	1622,853

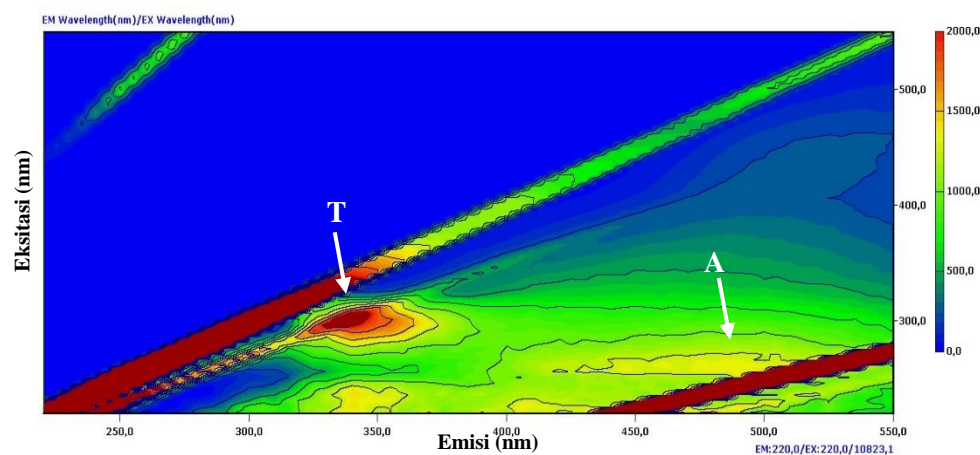


Gambar 4. 1 Perbandingan Fluoresensi Senyawa Organik

Untuk perbandingan gambar fluoresensi antara sampel dengan senyawa asam humat dan fulvic acid dapat terlihat pada Gambar 4.2



(a)



(b)

Gambar 4. 2 Fluoresensi Sampel (a) Asam Humat 5 mg/L, (b) Fulvic Acid 5 mg/L

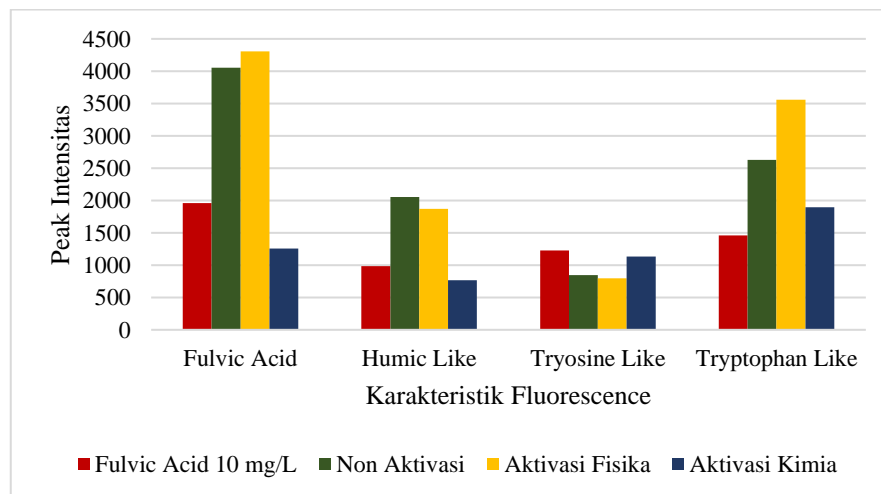
Berdasarkan perolehan intensitas puncak dari variasi air sampel menggunakan penambahan senyawa organik *humic acid*, intensitas fluoresensi yang mewakili *humic like* tidak lebih tinggi daripada *fulvic acid like*. Sedangkan variasi yang menggunakan penambahan senyawa organik *fulvic acid* menghasilkan intensitas fluoresensi yang sesuai berupa *fulvic acid like* yang paling tinggi dibandingkan fraksi lain. Sehingga penggunaan asam humat sebagai penambahan senyawa organik dalam penyiapan sample menghasilkan intensitas puncak yang tidak sesuai senyawa penambahannya. Selain dapat dipengaruhi oleh faktor jenis bahan organik yang digunakan, menurut (Thurman, 1985) bahwasannya kandungan karboksilat pada *humic acid* lebih rendah dan menjadi lebih hidrofobik

dibandingkan *fulvic acid*, sehingga kelarutan pada asam humat lebih rendah. Secara sederhana asam humat adalah molekul yang jauh lebih besar daripada asam fulvat. Melalui molekul yang jauh lebih besar tersebut dapat berpotensi mengandung asam fulvat yang lebih kecil. Maka dari itu, senyawa organik yang digunakan adalah *fulvic acid*.

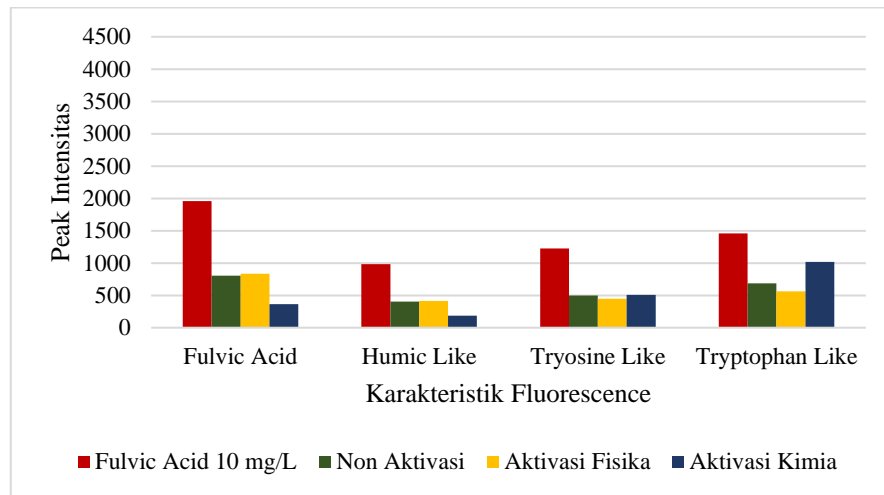
Dalam pembuatan sampel dengan penambahan senyawa *fulvic acid* diperoleh intensitas puncak pada karakteristik *fulvic acid like* lebih tinggi daripada karakteristik fluoresensi lainnya.

4.1.2 Penyiapan *Granular Activated Carbon*

Penggunaan GAC sebagai adsorben dengan jenis tempurung kelapa dan batubara yang berukuran 8 mesh memerlukan perlakuan aktivasi melalui proses aktivasi fisika dan aktivasi kimia untuk memperoleh perlakuan paling efisien dalam memperbesar permukaan pori karbon aktif. Adapun hasil perbandingan proses adsorpsi menggunakan GAC tanpa aktivasi, aktivasi melalui proses fisika, dan aktivasi melalui proses kimia terdapat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4

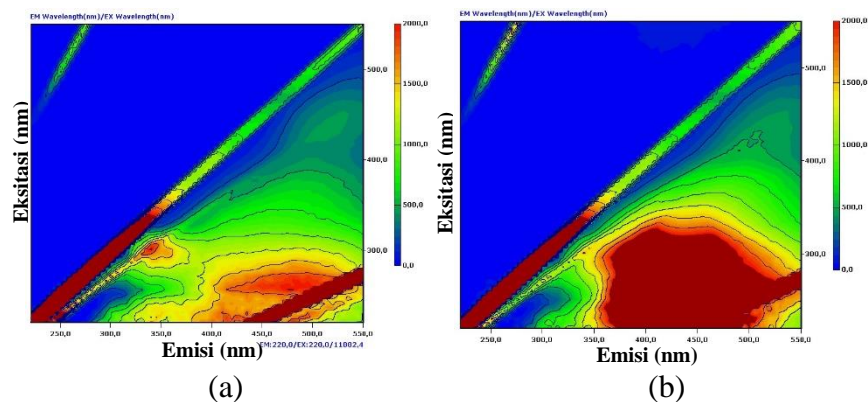


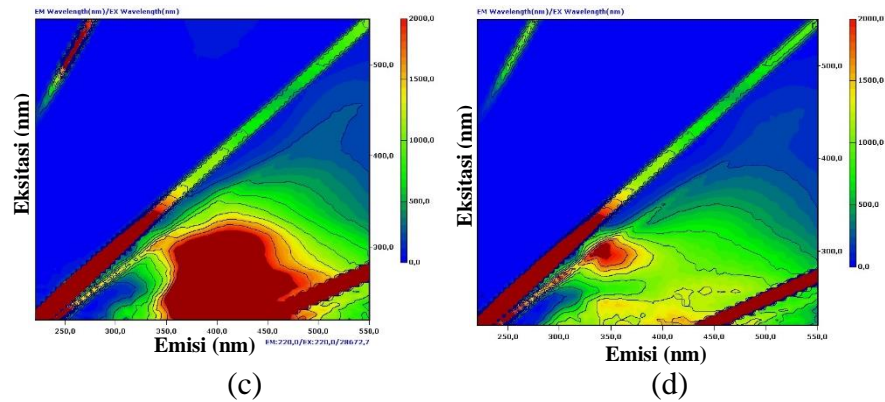
Gambar 4. 3 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi dengan Tempurung Kelapa



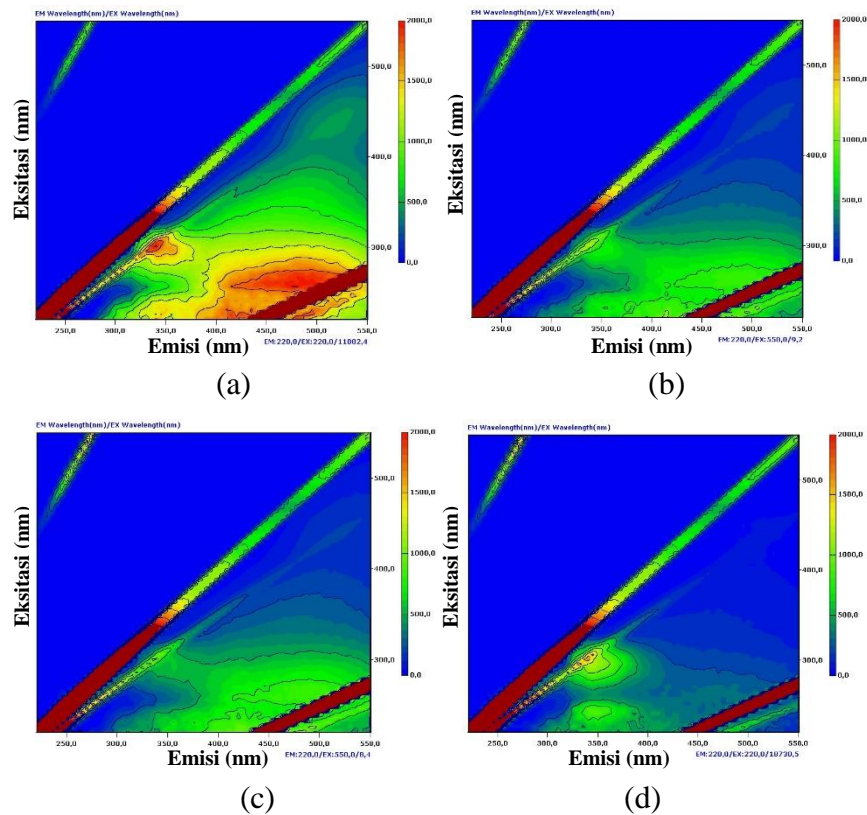
Gambar 4. 4 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi dengan Batubara

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kemampuan adsorben menghilangkan karakteristik NOM pada jenis tempurung kelapa lebih tinggi dengan menggunakan adsorben yang diaktivasi melalui proses kimia, dimana untuk perlakuan tanpa aktivasi dan aktivasi fisika hanya mampu menurunkan karakteristik *tyrosine like*. Sedangkan pada jenis batubara, kemampuan dari adsorben yang diaktivasi melalui proses kimia menghasilkan persen efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan melalui aktivasi fisika maupun tanpa perlakuan aktivasi, terkecuali pada karakteristik *tryptophan like* yang tidak lebih tinggi daripada perlakuan lainnya. Maka dari itu, dalam proses penelitian penurunan kadar NOM menggunakan GAC, jenis perlakuan aktivasi yang paling efisien adalah melalui aktivasi kimia. Adapun perbedaan *fluorescence* EEM pada perlakuan aktivasi tempurung kelapa dan batubara dilampirkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6





Gambar 4. 5 Fluorescence EEM Perlakuan (a) Sampel 10 mg/L; (b) non aktivasi;
(c) aktivasi fisika; (d) aktivasi kimia Pada GAC Tempurun Kelapa



Gambar 4. 6 Fluorescence EEM Perlakuan (a) Sampel 10 mg/L; (b) non aktivasi;
(c) aktivasi fisika; (d) aktivasi kimia Pada GAC Batubara

Aktivasi kimia menjadi perlakuan yang paling efisien dikarenakan karbon aktif tanpa aktivasi hanya dilalui proses dehidrasi atau pengurangan kandungan air pada bahan dasar dan dilanjutkan pembakaran melalui proses karbonisasi atau pirolisis. Menurut (Nurrahman & Permana, 2009) kondisi akhir karbonisasi adalah

fase padat atau karbon dalam bentuk arang berpori namun ukuran pori masih kecil. Sehingga, diperlukan aktivasi untuk mengubah hasil karbonisasi menjadi adsorben yang memiliki luas permukaan yang besar. Sedangkan, pada aktivasi fisika kurang efisien yang dapat diakibatkan karena terjadi perubahan struktur karbon berupa pengurangan ukuran karbon. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh perubahan struktur pori maupun gugus fungsi.

Adapun menurut (Hsu & Teng, 2000) material atau bahan dasar yang mengandung lignoselulosa lebih baik diaktivasi melalui aktivasi kimia menggunakan larutan aktivator seperti Asam Fosfat (H_3PO_4) dikarenakan aktivator asam mampu membuka pori karbon yang lebih besar sehingga daya serap yang dihasilkan lebih tinggi. Selain itu, menurut (Suryani et al., 2018) waktu kontak antara karbon dengan larutan aktivator juga dapat menyebabkan karbon menjadi elastis akibat terjadi depolimersasi yang menghasilkan ikatan pada partikel terurai dan membentuk mikropori pada permukaan karbon, sehingga menyebabkan penyerapan pada permukaan karbon semakin luas.

4.2 Analisis Penurunan Kadar Natural Organic Matter

4.2.1 Uji Fluoresensi Variasi Massa Adsorben

Adsorpsi merupakan suatu proses yang salah satunya dipengaruhi oleh massa adsorben, dimana massa akan memberikan pengaruh terhadap adsorben dalam menjerap banyak adsorbat. Massa adsorben yang digunakan dalam penelitian ini adalah 2,5 gram, 5 gram, 7,5 gram, 10 gram, 12,5 gram. Serta, jenis adsorben yang digunakan adalah karbon aktif tempurung kelapa dan tempurung kelapa batubara.

1. Adsorben Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif untuk penyerapan adsorbat atau sejumlah besar kontaminan dari air. Adapun pengaruh massa adsorben terhadap intensitas fluoresensi setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.7; Gambar 4.8; dan Gambar 4.9

Berikut keterangan penamaan label yang digunakan pada bagan:

TK 2,5 to FA10 = GAC tempurung kelapa sebanyak 2,5 gr pada sampel 10 mg/L

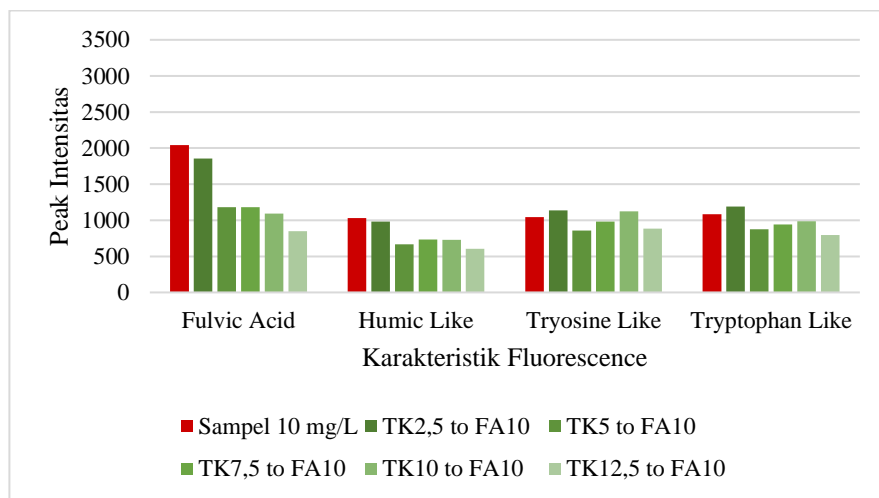
TK 5 to FA10 = GAC tempurung kelapa sebanyak 5 gr pada sampel 10 mg/L

TK 7,5 to FA10 = GAC tempurung kelapa sebanyak 7,5 gr pada sampel 10 mg/L

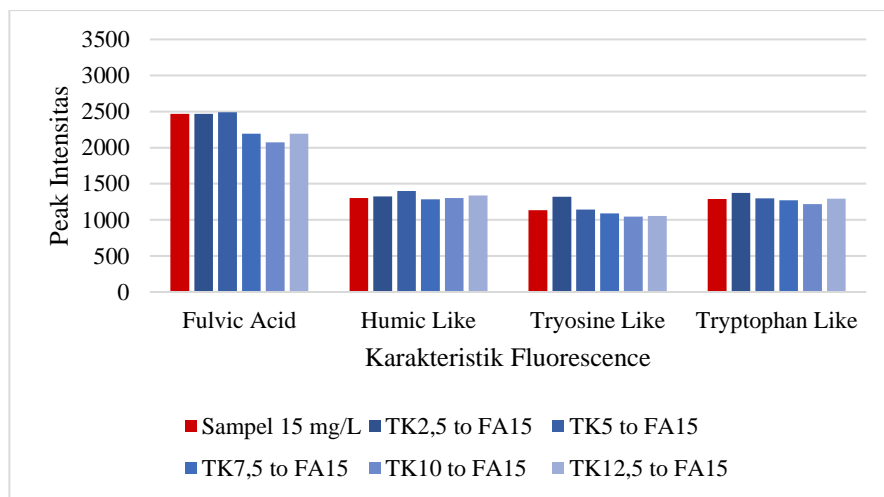
TK 10 to FA10 = GAC tempurung kelapa sebanyak 10 gr pada sampel 10 mg/L

TK 12,5 to FA10 = GAC tempurung kelapa sebanyak 12,5 gr pada sampel 10 mg/L

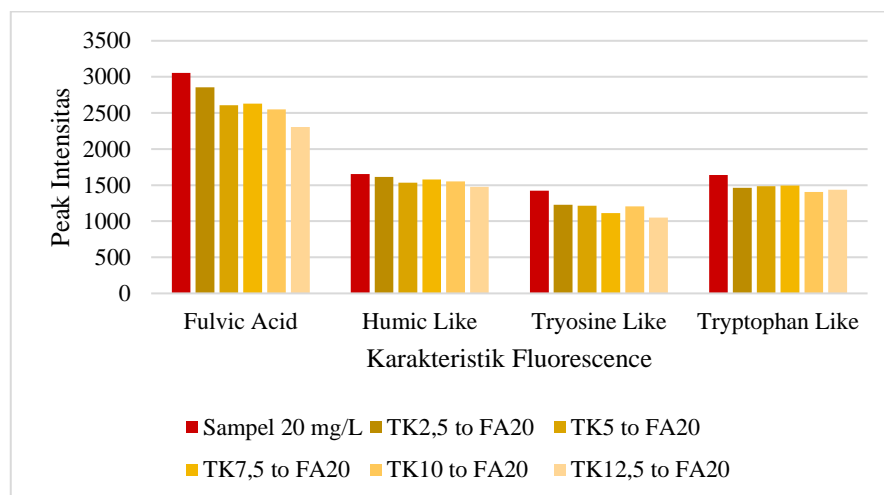
Penamaan ini sama untuk semua konsentrasi sampel 15 mg/L dan 20 mg/L.



Gambar 4. 7 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 10 mg/L

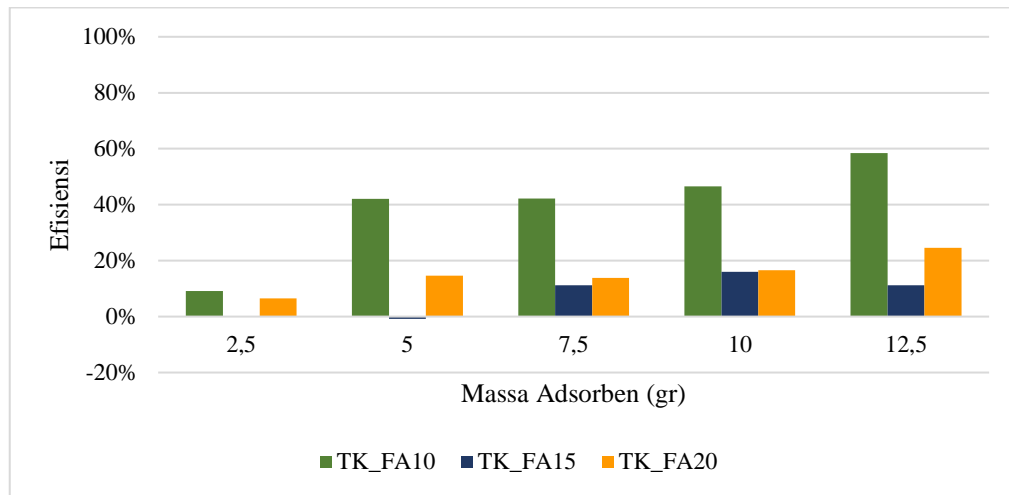


Gambar 4. 8 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 15 mg/L

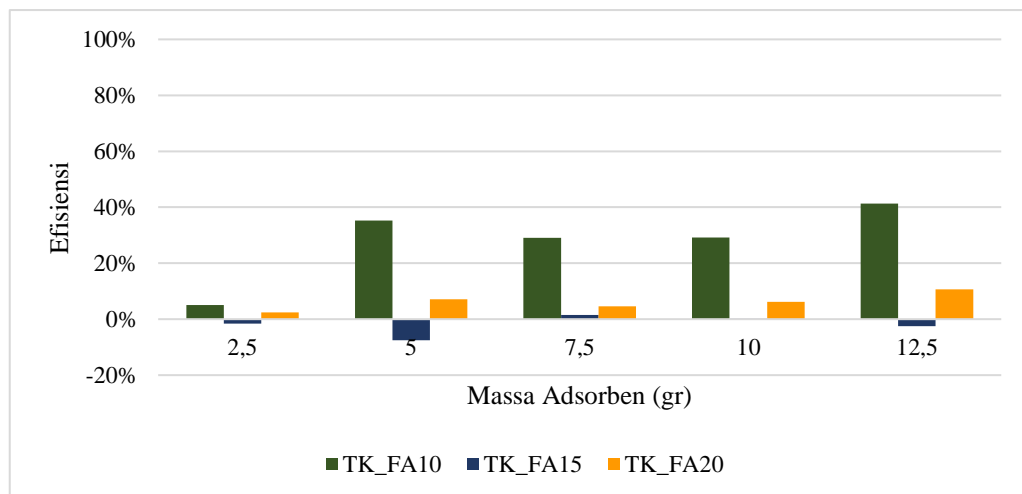


Gambar 4. 9 Intensitas Fluoresensi GAC Tempurung Kelapa terhadap Sampel 20 mg/L

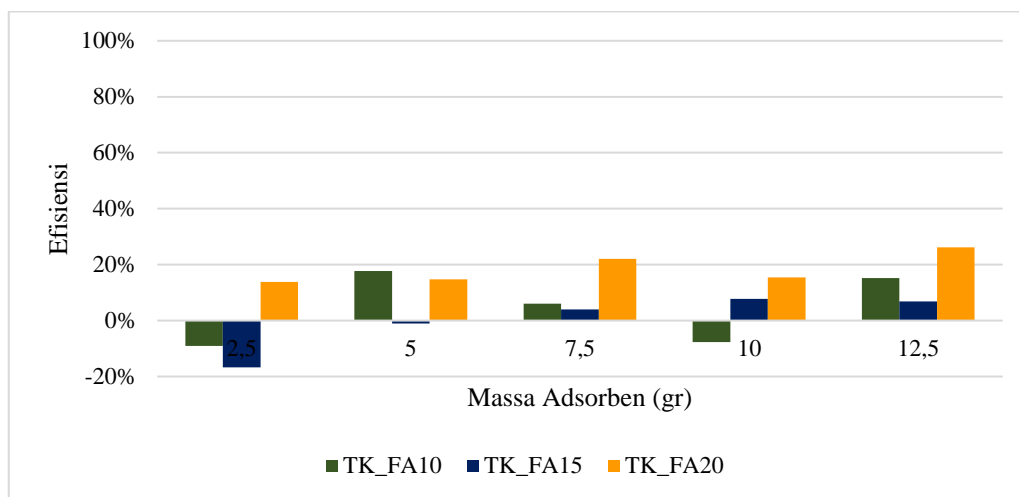
Perolehan yang ditampilkan pada Gambar 4.7; Gambar 4.8; dan Gambar 4.9 menunjukkan pengaruh tempurung kelapa melalui variasi massa adsorben terhadap penurunan dari kadar fluoresensi. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, intensitas fluoresensi *fulvic acid like* dan *humic like* untuk setiap konsentrasinya terlihat semakin menurun sejalan dengan banyaknya adsorben yang ditambahkan. Sedangkan intensitas fluoresensi *tyrosine like* dan *tryptophan like* cenderung naik turun tidak sejalan dengan semakin banyaknya penambahan adsorben kedalam sampel. Maka dari itu, efisiensi proses adsorpsi yang dilakukan oleh tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.10 hingga Gambar 4.13



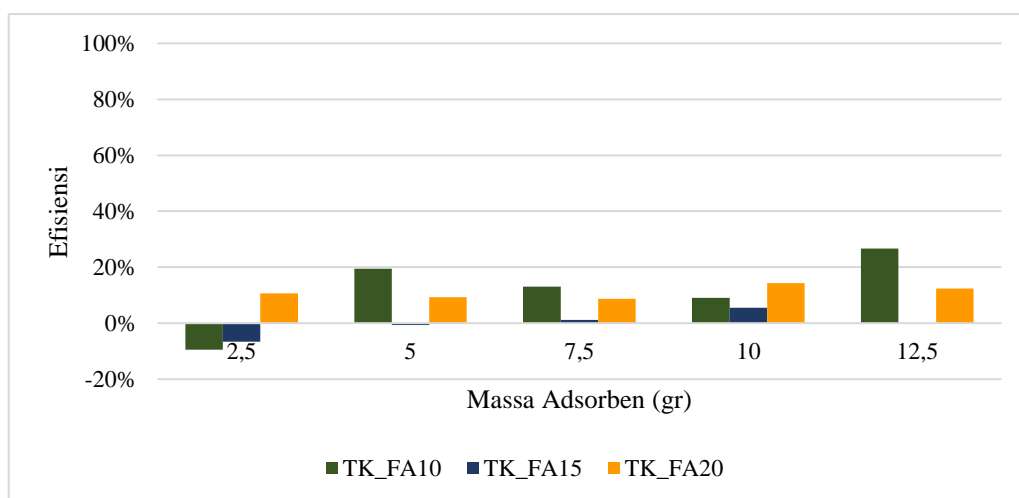
Gambar 4. 10 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Fulvic Acid Like



Gambar 4. 11 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Humic Like



Gambar 4. 12 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Tyrosine Like



Gambar 4. 13 Efisiensi Variasi Adsorben Tempurung Kelapa terhadap Typtophan Like

Efisiensi penyisihan dinyatakan melalui penurunan konsentrasi intensitas fluoresensi oleh adsorben, sehingga akan diperoleh massa adsorben optimum. Berdasarkan Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 efisiensi yang diperoleh pada fluoresensi *fulvic acid like* dan *humic like* menunjukkan nilai efisiensi tertinggi untuk konsentrasi sampel 10 mg/L dan 20 mg/L ada pada massa adsorben 12,5 gram sebesar 58% dan 41%, dan pada konsentrasi 15 mg/L efisiensi tertinggi nya secara

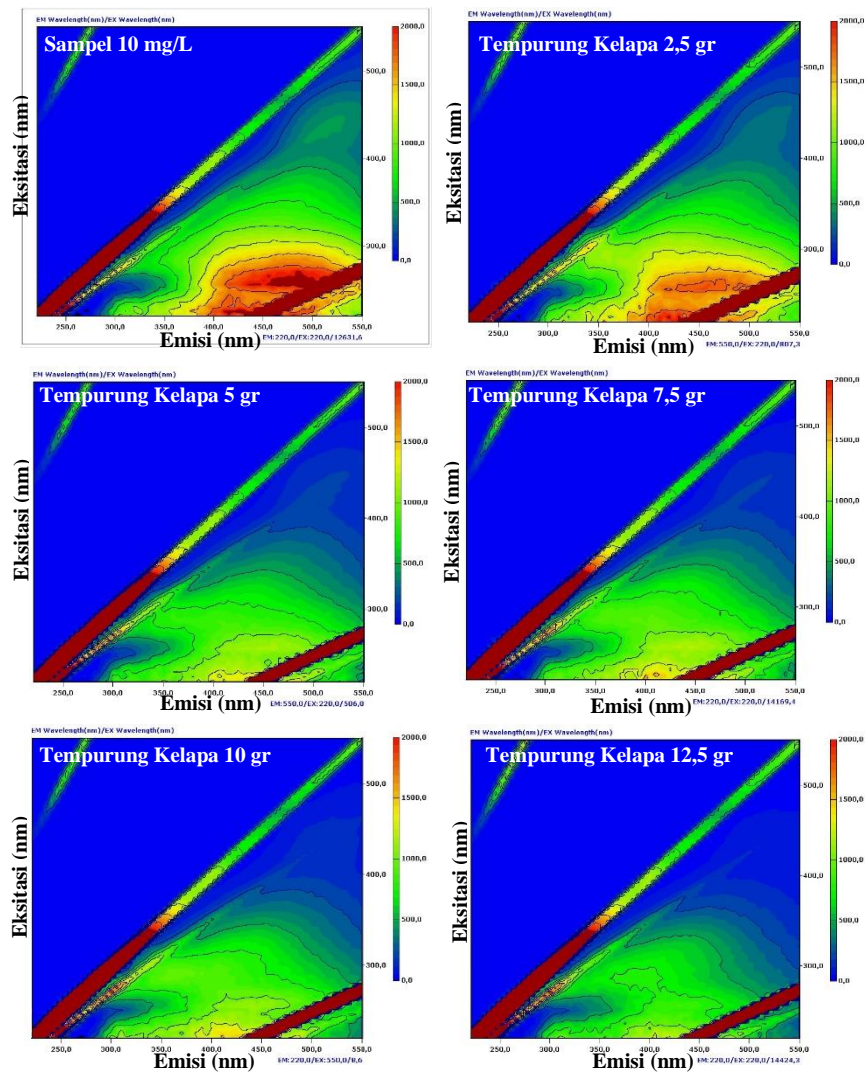
urut ada pada massa adsorben 10 gram dan 7,5 gram dengan nilai efisien 16% dan 2%.

Sedangkan berdasarkan Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 efisiensi yang diperoleh pada fluoresensi *tyrosine like* dan *tryptophan like* pada seluruh konsentrasi cenderung berbeda-beda. Efisiensi pada fluoresensi *tyrosine like* sebesar 18%, 8%, dan 26% pada konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Dan efisiensi pada *tryptophan like* untuk konsentrasi 15 mg/L dan 20 mg/L sebesar 6% dan 14%, serta 27% untuk konsentrasi 10 mg/L.

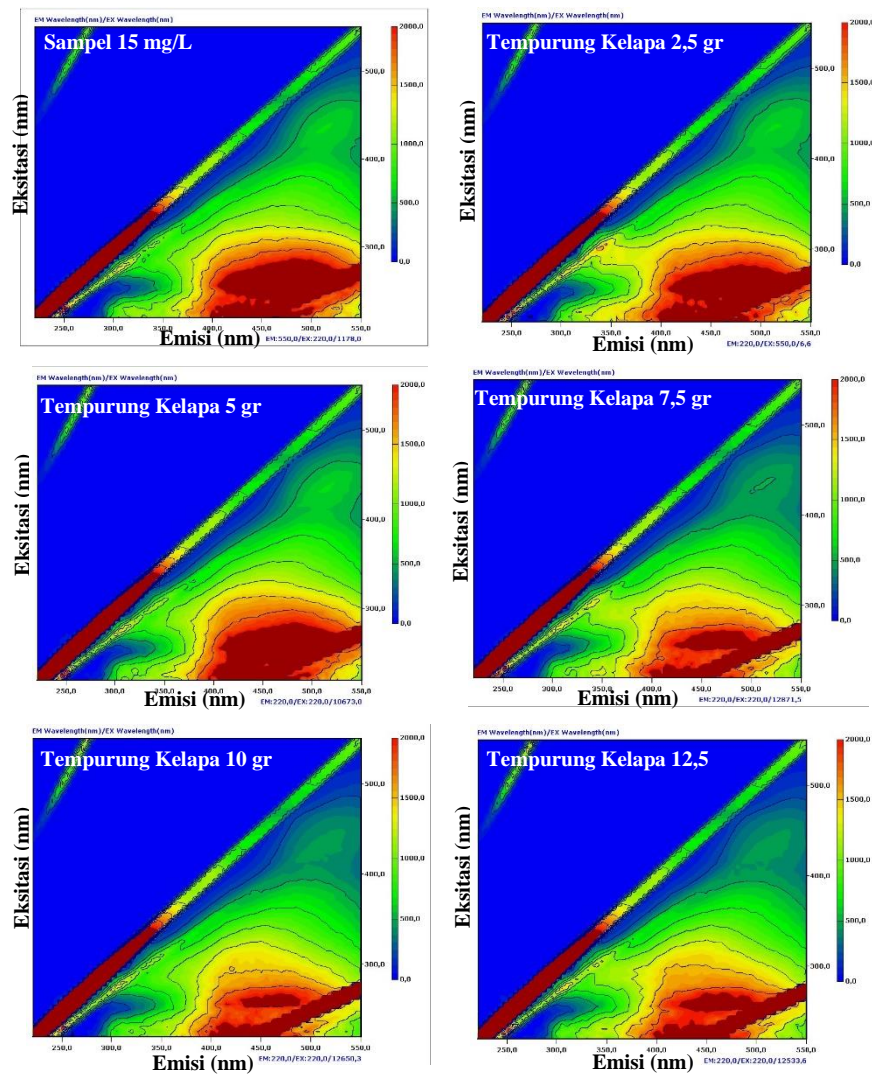
Karakteristik fluoro *tyrosine* dan *tryptophan* adalah prekursor utama komponen mirip protein dalam bahan organik terlarut. Puncak emisi maksimum dan eksistensi maksimum antar variasi massa adsorben berada pada panjang gelombang yang diakibatkan oleh perubahan sifat larutan akibat penambahan adsorben, dimana penambahan senyawa lain menyebabkan NOM berprotein labil, hal ini dapat dihilangkan dari sampel dengan konsumsi mikroba triptofan atau tirosin.

Selain itu, penggunaan jenis adsorben tempurung kelapa juga menjadi faktor efisiensi penurunan kadar NOM yang kurang stabil. Dimana terdapat perolehan efisiensi negatif, hal ini menunjukkan bahwasannya tidak terjadi penurunan melainkan kenaikan kadar NOM. Dimana tempurung kelapa merupakan salah satu bahan baku yang umum digunakan sebagai pupuk organik yang memberikan pengaruh positif terhadap ketersediaan unsur hara. Adapun komponen utama tempurung kelapa adalah bahan organik yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Keberadaan senyawa organik dalam tempurung kelapa berpotensi menurunkan efisiensi penurunan dari NOM menjadi kurang optimal.

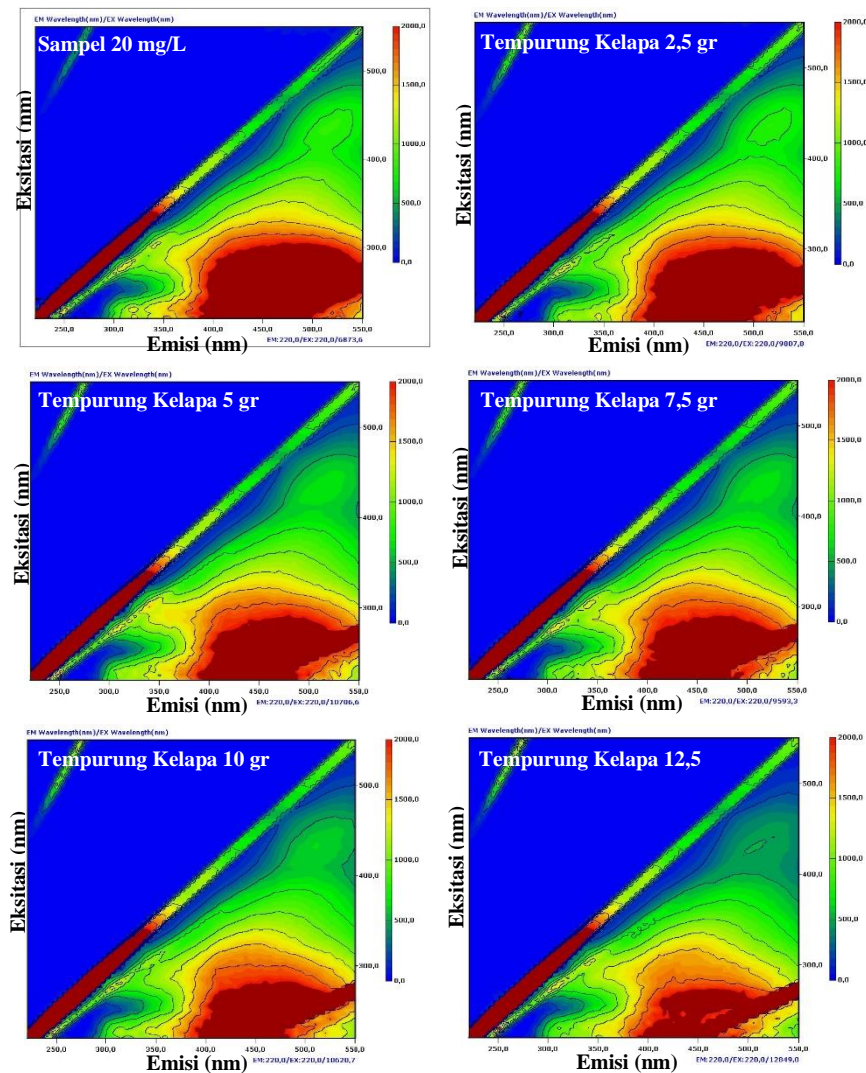
Melihat efisiensi yang diperoleh, penurunan kadar NOM didominasi oleh massa adsorben 12,5 gram. Maka dari itu, massa adsorben optimum dari perlakuan adsorpsi menggunakan adsorben tempurung kelapa adalah 12,5 gram. Adapun *fluoresence* EEM pada variasi massa adsorben ditampilkan pada Gambar 4.14; Gambar 4.15; dan Gambar 4.16



Gambar 4. 14 Fluorescence EEM Variasi Massa Asorben Pada Sampel 10 mg/L



Gambar 4. 15 Fluorescence EEM Variasi Massa Asorben Pada Sampel 15 mg/L



Gambar 4. 16 Fluoresence EEM Variasi Massa Adsorben Pada Sampel 20 mg/L

2. Batubara

Batubara merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan menjadi karbon aktif. Adapun pengaruh massa adsorben terhadap intensitas fluoresensi setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.17; Gambar 4.18; dan Gambar 4.19

Berikut keterangan penamaan label yang digunakan pada bagan:

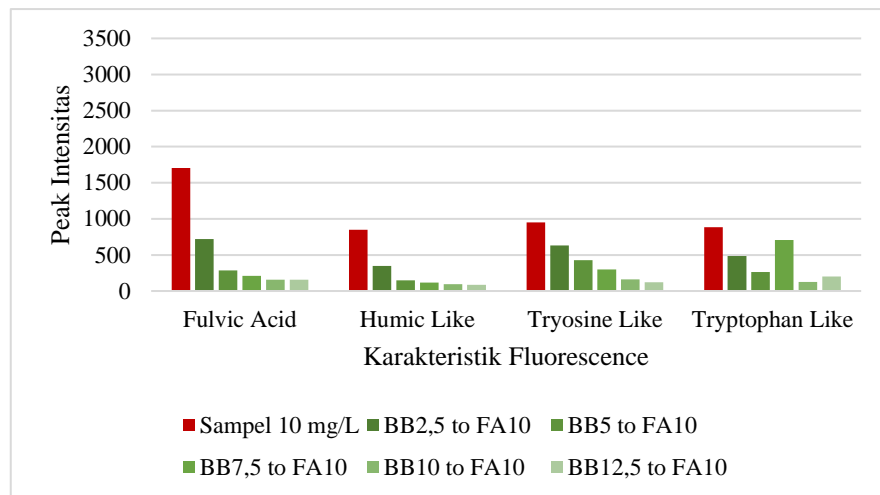
BB 2,5 to FA10 = GAC batubara sebanyak 2,5 gr pada sampel 10 mg/L

BB 5 to FA10 = GAC batubara sebanyak 5 gr pada sampel 10 mg/L

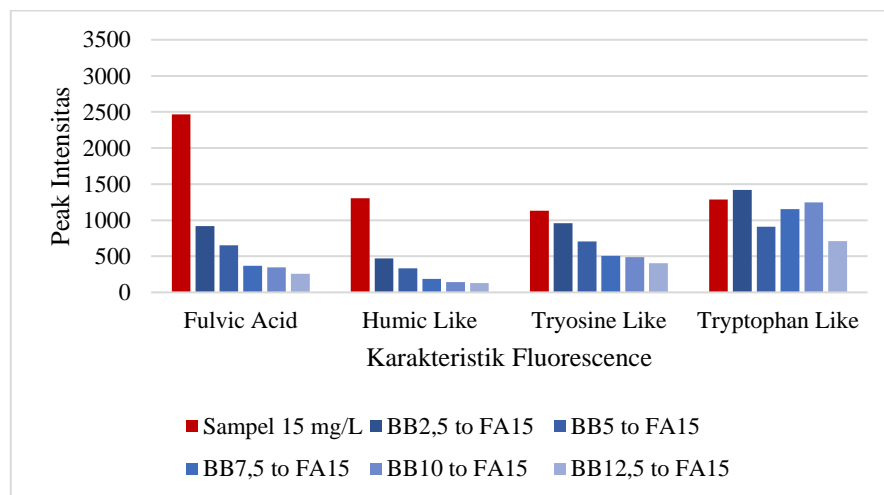
BB 7,5 to FA10 = GAC batubara sebanyak 7,5 gr pada sampel 10 mg/L

BB 10 to FA10 = GAC batubara sebanyak 10 gr pada sampel 10 mg/L

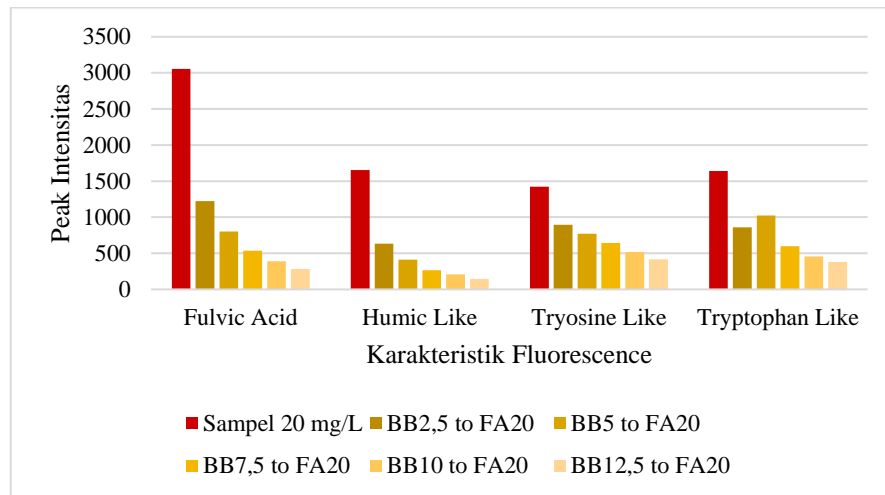
BB 12,5 to FA10 = GAC batubara sebanyak 12,5 gr pada sampel 10 mg/L
 Penamaan ini sama untuk semua konsentrasi sampel 15 mg/L dan 20 mg/L.



Gambar 4. 17 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 10 mg/L

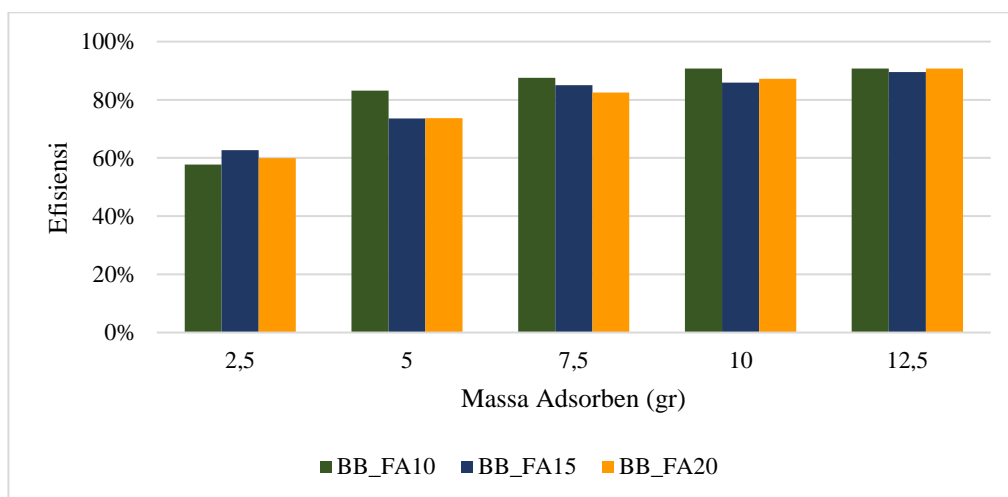


Gambar 4. 18 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 15 mg/L

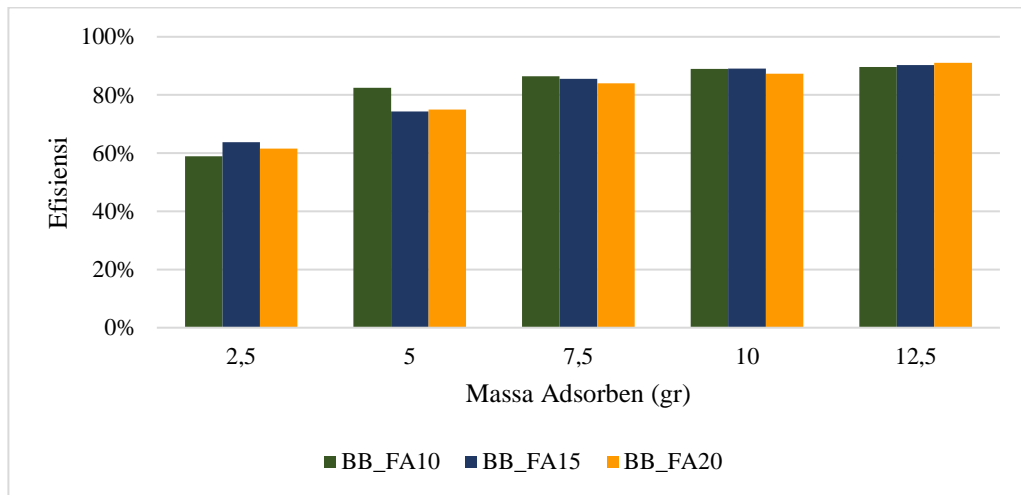


Gambar 4. 19 Intensitas Fluoresensi GAC Batubara terhadap Sampel 10 mg

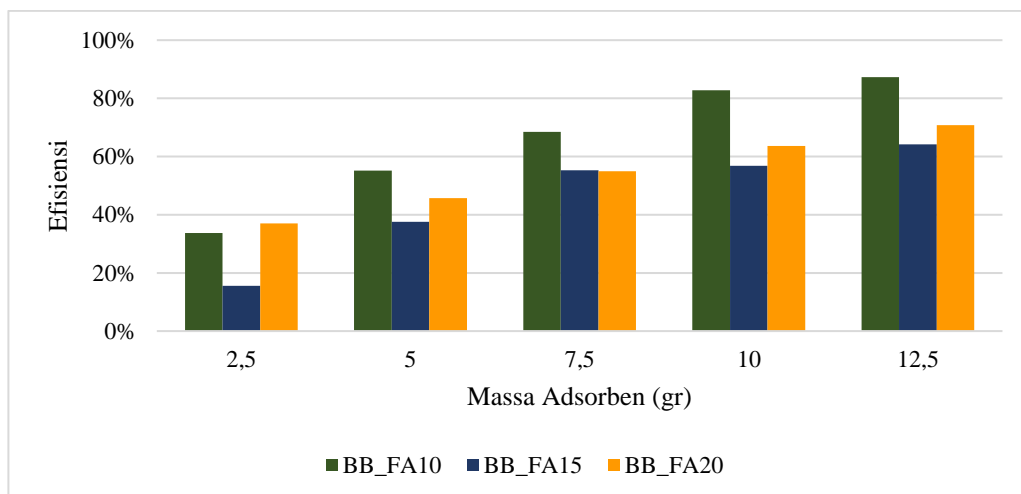
Berdasarkan perolehan penurunan kadar NOM melalui karbon aktif batubara ditampilkan Gambar 4.17; Gambar 4.18; dan Gambar 4.19 menunjukkan bahwasannya banyaknya penambahan karbon aktif batubara sejalan dengan semakin menurunnya intensitas NOM dalam sample. Terkecuali pada intensitas karakteristik *tryptophan like* yang tidak menurun secara terus menerus. Maka dari itu, efisiensi proses adsorpsi yang dilakukan oleh batubara dapat dilihat pada Gambar 4.20 hingga Gambar 4.23



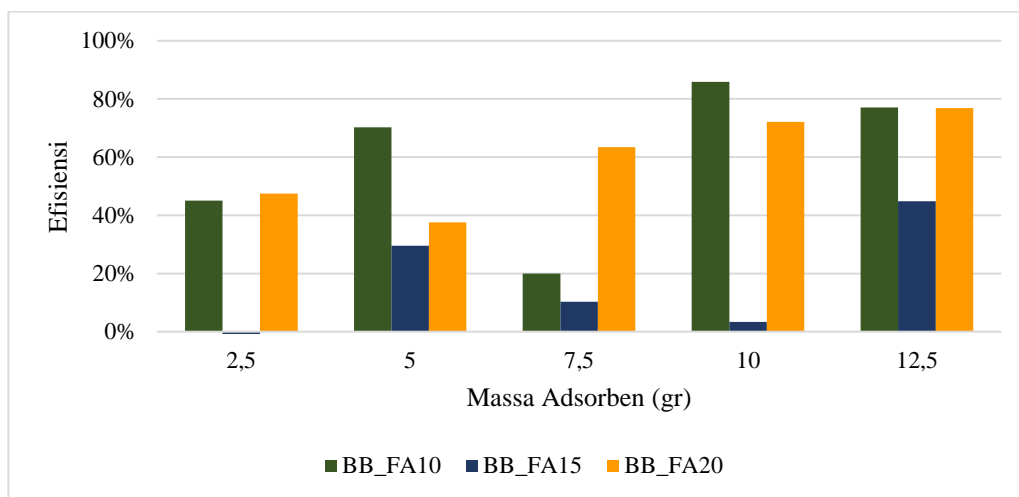
Gambar 4. 20 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Fulvic Acid Like



Gambar 4. 21 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Humic Like



Gambar 4. 22 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Tyrosine Like



Gambar 4. 23 Efisiensi Variasi Adsorben Batubara terhadap Tryptophan Like

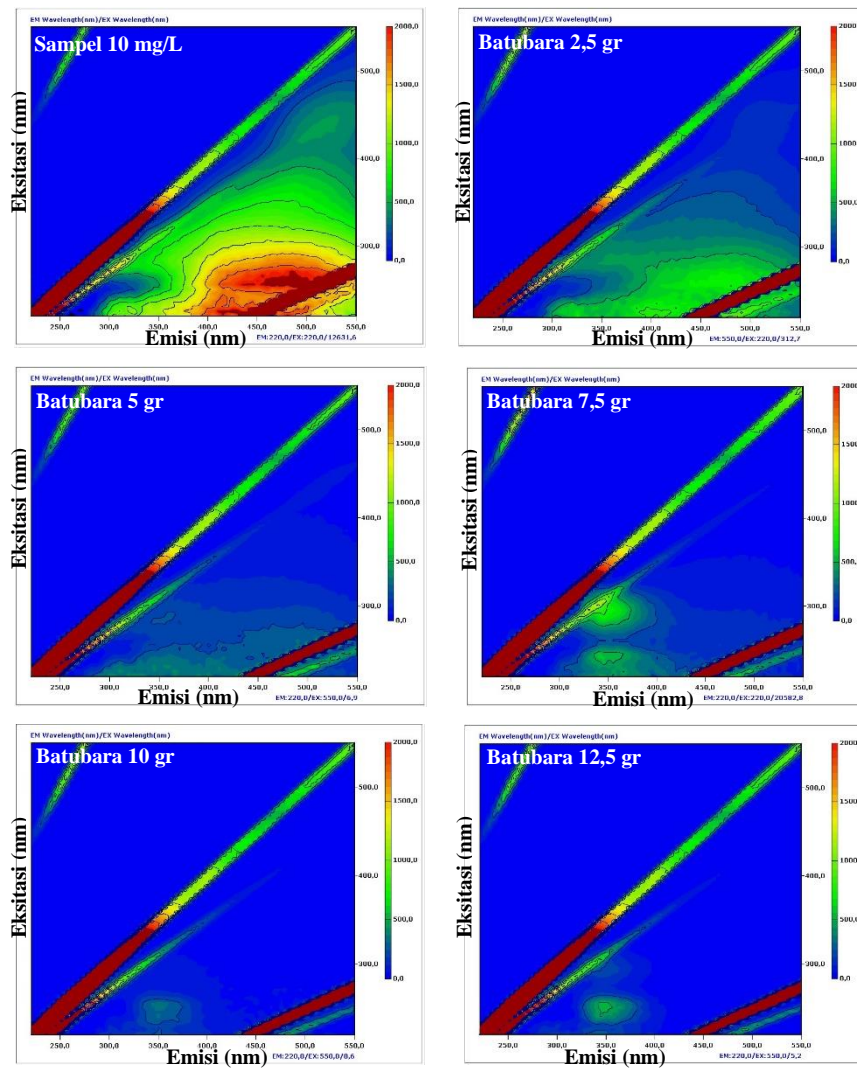
Berdasarkan efisiensi penurunan intensitas fluoresensi oleh adsorben batubara menunjukkan kemampuan penyerapan adsorben yang lebih stabil. Pada konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L untuk seluruh karakteristik meliputi *fulvic acid like*, *humic like*, *tyrosine like* dan *tryptophan like* menghasilkan nilai efisiensi paling tinggi pada massa adsorben 12,5 gram. Terkecuali pada konsentrasi 10 mg/L, efisiensi penurunan intensitas karakteristik *tryptophan like* paling tinggi berada pada massa adsorben 10 gram. Maka dari itu, hasil efisiensi penurunan NOM adsorben batubara memperoleh massa adsorben optimum pada 12,5 gram.

Pada konsentrasi 10 mg/L efisiensi penurunan fluoresensi *fulvic acid like*, *humic like*, *tyrosine like* dan *tryptophan like* yaitu 90,8%, 89,7%, 87%, dan 86%. Lalu, pada konsentrasi 15 mg/L efisiensi penurunan fluoresensi secara urut diperoleh sebesar 90%, 90,2%, 64,5 dan 45%. Serta efisiensi penurunan fluoresensi pada konsentrasi 20 mg/L yaitu 90,7%, 91%, 64%, dan 45%.

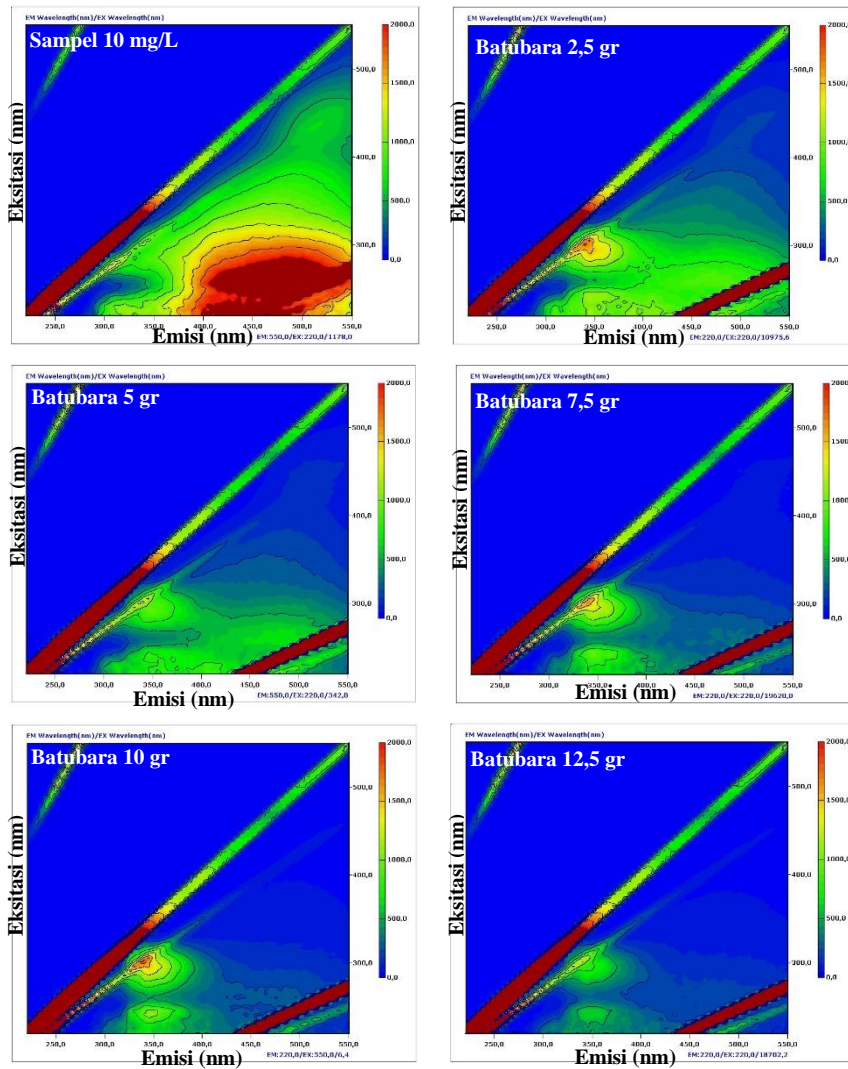
Pada beberapa sampel terdapat perolehan hasil yang menunjukkan bahwa intensitas puncak *humic like* dan *fulvic like* lebih rendah dibanding kan dengan *tyrosine like* dan *tryptophan like*. Hal ini dikarenakan *humic like* dan *fulvic like* bersifat hidrofobik, dimana senyawa tersebut memiliki keterikatan yang lemah terhadap air, molekul yang kurang larut tersebut cenderung lebih mudah diadsorpsi ke permukaan adsorben. Serta zat humat merupakan senyawa dengan berat molekul tinggi, sehingga mampu menciptakan kompleks yang besar dan stabil apabila

diadsorpsi oleh permukaan adsorben. (Vašková et al., 2023). Sedangkan pada *tyrosine like* dan *tryptophan like* memiliki sifat hidrofilik yang memiliki keterikatan kuat dengan air sehingga diketahui memberikan adsorpsi protein yang rendah dan tingkat denaturasi yang rendah (Barberi & Spriano, 2021).

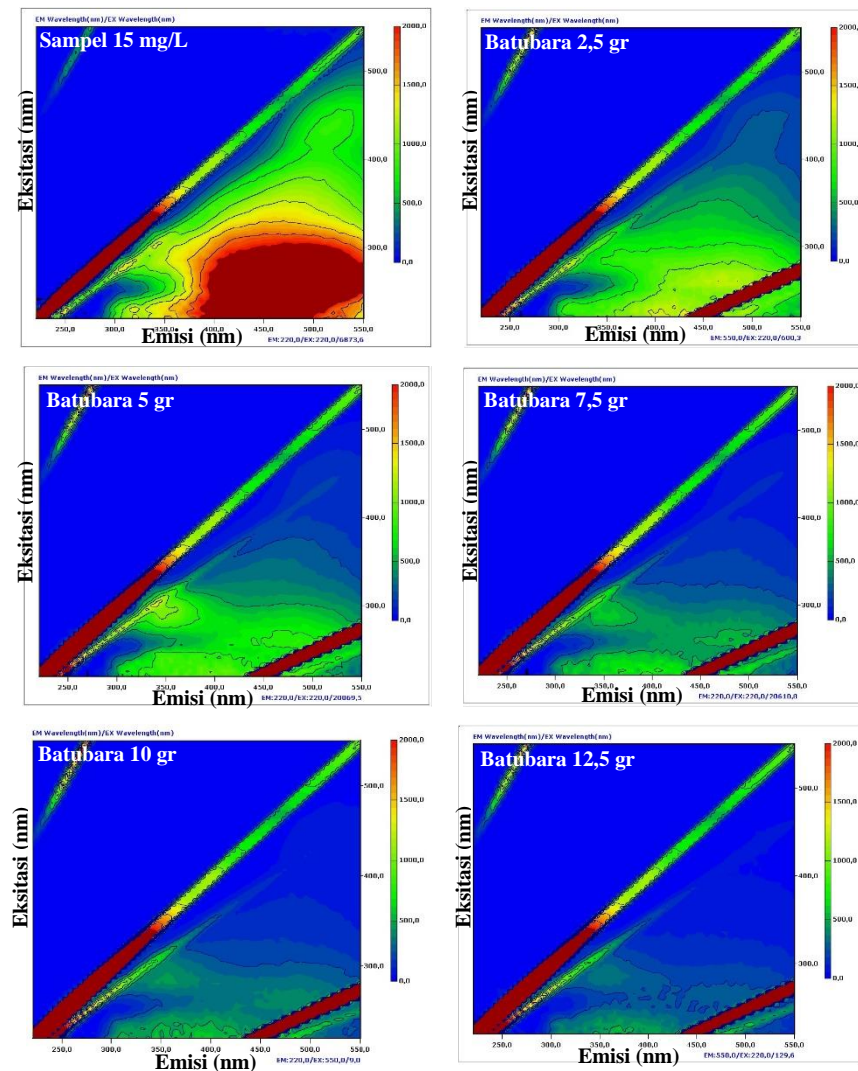
Kemampuan batubara dalam menurunkan kadar NOM dipengaruhi oleh sifat permukaan batubara, seperti luas permukaan, volume pori, dan struktur kimia permukaan terhadap perlakuan fisika atau kimia pada beberapa penerapan, termasuk adsorpsi. Dimana, unsur-unsur dalam batubara sebagai bahan kompleks seperti hidrogen, oksigen, sulfur, dan nitrogen. Dengan kata lain, batu bara adalah batuan organik yang sangat heterogen di mana bahan organik memiliki inklusi dengan bahan mineral. Kandungan mineral pada batubara tidak hanya berpengaruh signifikan terhadap struktur pori-pori, melainkan juga dapat secara signifikan mempengaruhi faktor kimia yang penting dalam penyerapan. Selain itu, batubara membentuk kompleks yang stabil dengan polutan karena adanya gugus karboksilat dan fenolik. Adapun *fluoresence* EEM pada variasi massa adsorben ditampilkan pada Gambar 4.24; Gambar 4.25; dan Gambar 4.26



Gambar 4. 24 Fluorescence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 10 mg/L

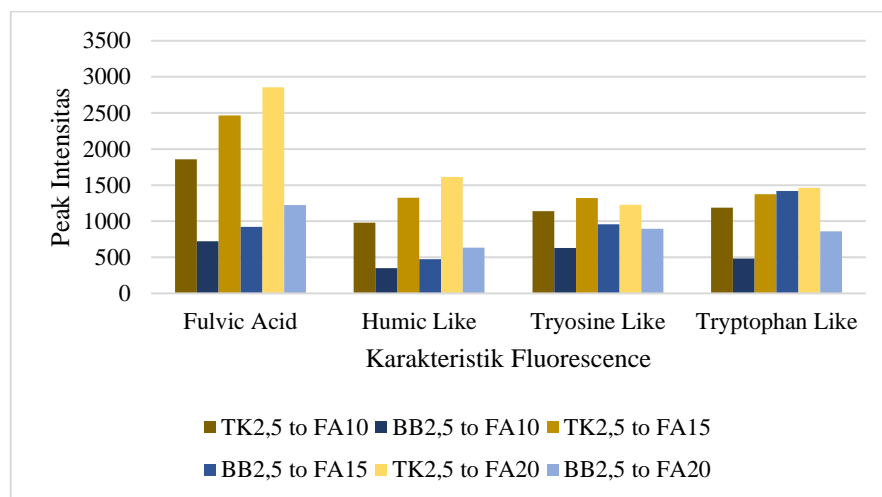


Gambar 4. 25 Fluorescence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 15 mg/L

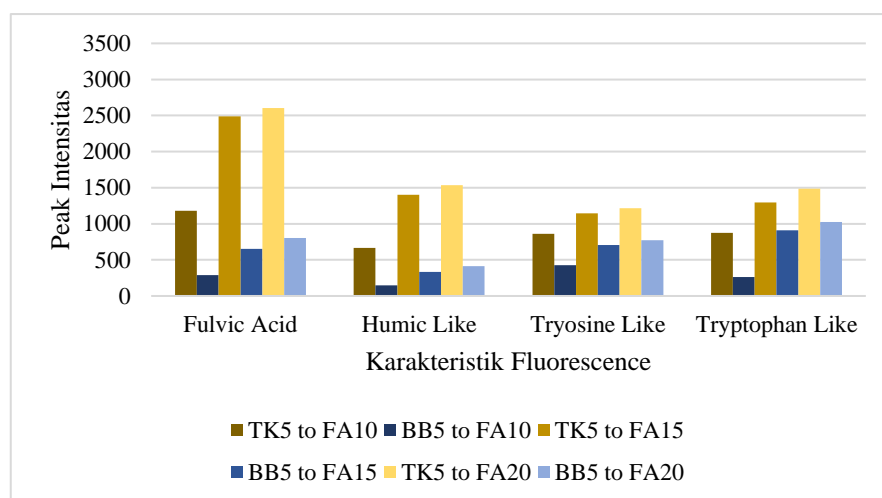


Gambar 4. 26 Fluorescence EEM Variasi Massa Adsorben Batubara Pada Sampel 20 mg/L

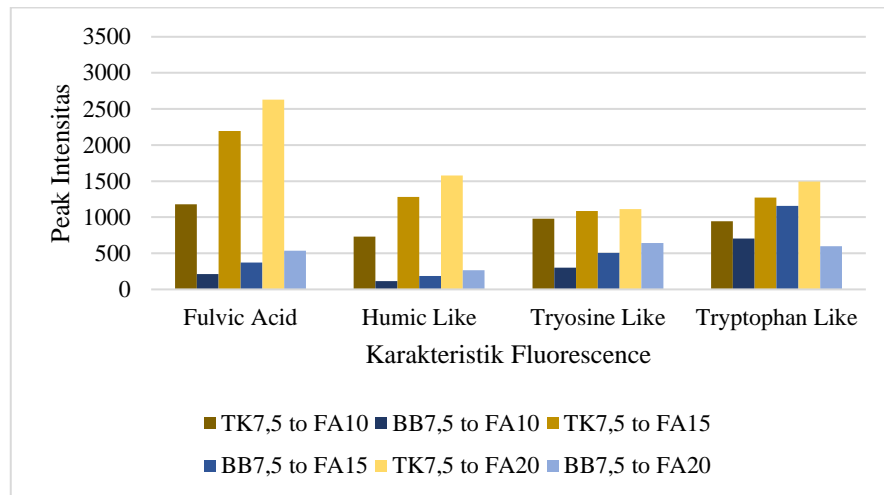
Melihat efisiensi yang diperoleh, penurunan kadar NOM didominasi oleh massa adsorben 12,5 gram. Maka dari itu, massa adsorben optimum dari perlakuan adsorpsi menggunakan adsorben batubara adalah 12,5 gram. Jika perlakuan penurunan kadar NOM antara adsorben tempurung kelapa dan batu bara dibandingkan, maka diperoleh perbandingannya terlihat pada Gambar 4.27 hingga Gambar 4.31



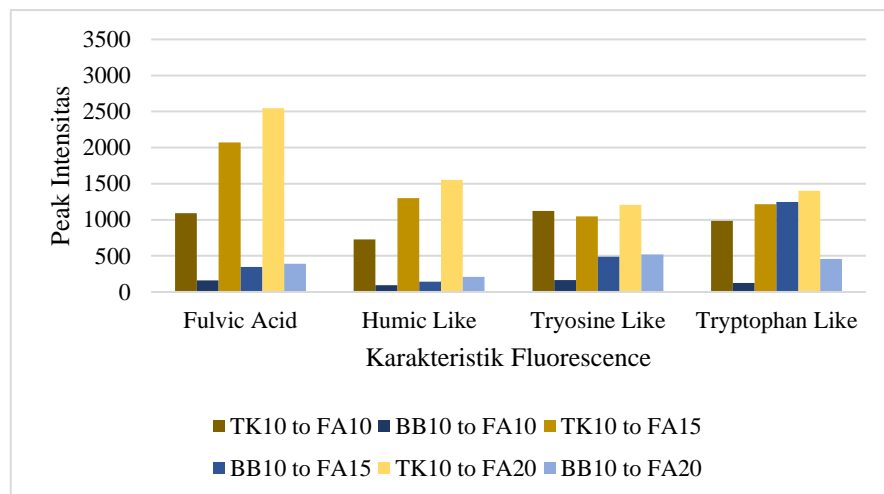
Gambar 4. 27 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 2,5 gr



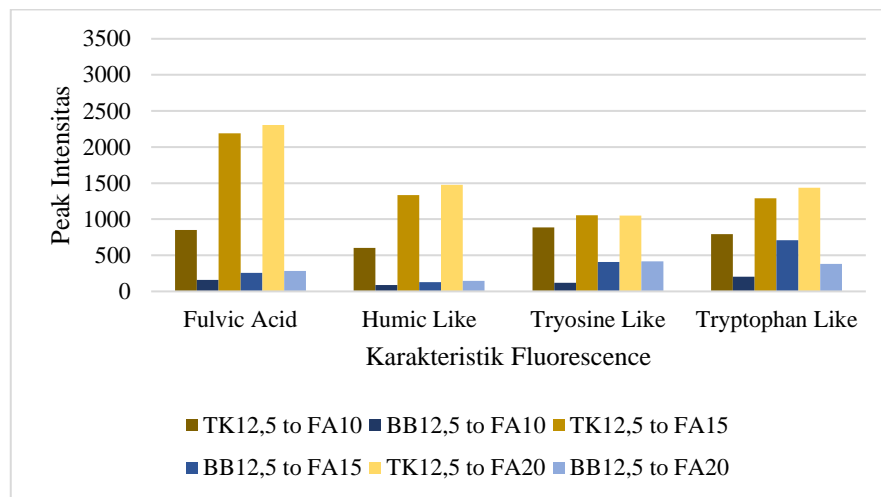
Gambar 4. 28 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 5 gr



Gambar 4. 29 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 7,5 gr



Gambar 4. 30 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 10 gr



Gambar 4. 31 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Massa 12,5 gr

Pada gambar tersebut, terlihat bahwasannya penggunaan batubara sebagai adsorben memperoleh *peak intensity* lebih rendah dibandingkan adsorben tempurung kelapa. Nilai intensitas yang rendah menandakan penurunan kadar NOM paling baik, sehingga dapat dinyatakan bahwasannya melalui variasi massa adsorben jenis adsorben yang paling efektif untuk penurunan kadar NOM adalah adsorben GAC batubara. Selain itu, melalui variasi massa adsorben, penurunan fluoresensi paling rendah didominasi pada massa adsorben 12,5 gram, sehingga kondisi optimum dari pengujian adsorben tempurung kelapa dan batubara berada pada masa adsorben sebesar 12,5 gram.

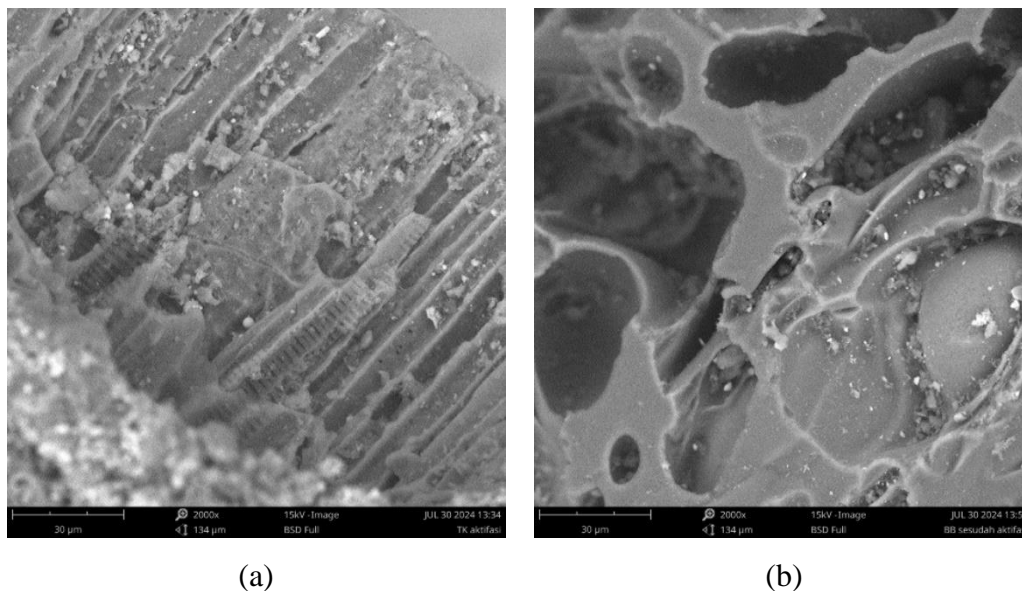
GAC batubara menghasilkan efisiensi penurunan NOM lebih efektif dibandingkan tempurung kelapa, hal ini dikarenakan perbedaan struktur pori pada keduanya. Penerapan karbon aktif dalam proses adsorpsi terutama bergantung pada kimia permukaan dan struktur pori karbon berpori. Pori-pori mikro dianggap penting dalam proses adsorpsi sedangkan pori-pori meso dan makro terutama bertindak sebagai pori-pori transport.

Dimana menurut struktur pori batubara mengandung ukuran pori mulai dari makropori hingga mikropori yang mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi terhadap berbagai molekul. Serta kandungan bahan mineral pada batubara menyebabkan peningkatan volume pori makro, sehingga dapat menghambat

terjadinya despersi yang lebih cepat (Karayığit, A. İ et al 2018). Sedangkan struktur pori pada tempurung kelapa biasanya memiliki struktur pori-pori yang lebih rapat dan berpori-pori mikro. Dimana terjadi pembentukan lapisan tunggal dan tumpang tindih, sehingga proses penyerapan relatif rendah (Ahuja & Pathak, 2009).

Berdasarkan (Sujiono et al., 2022) diperoleh bahwasannya ukuran pori tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan H_3PO_4 memiliki ukuran pori 0,14 μm . Sedangkan berdasarkan (Li et al., 2018) ukuran pori batubara yang diaktivasi menggunakan $ZnCl_2$ terdapat mikropori dan mesopori dengan rata-rata ukuran pori sebesar 2,59 nm. Dengan adanya kombinasi ukuran pori berupa mikropori dan mesopori berpotensi memiliki kapasitas dan kinetika adsorpsi yang tinggi (Do, 1998).

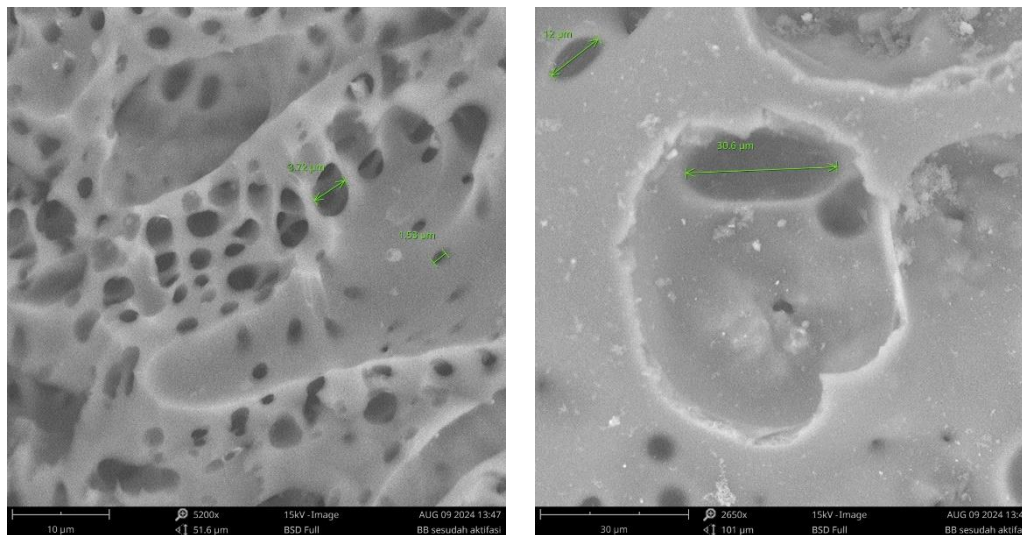
Melalui hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dengan perbesaran 2000 kali pada skala gambar 30 μm memperlihatkan struktur topologi karbon aktif tempurung kelapa dan batubara pada Gambar 4.32



Gambar 4. 32 Hasil uji SEM karbon aktif pada (a) Tempurung Kelapa (b) Batubara dengan Perbesaran 2000 kali

Pada skala gambar 30 μm diperoleh bahwasannya morfologi pori pada tempurung kelapa terlihat tidak begitu jelas atau berukuran kecil. Sedangkan pada batubara ukuran pori sudah terlihat jelas morfologi pori ada yang berukuran besar

dan kecil. Jika dilihat pada skala yang berbeda, ukuran pori yang diperoleh pada tempurung kelapa dan batubara terlihat pada Gambar 4.33



(a), Tempurung Kelapa

(b), Batubara

Gambar 4. 33 Ukuran Pori Tempurung Kelapa dan Batubara

Diperoleh bahwasannya ukuran pori pada tempurung kelapa didominasi berkisar pada ukuran $3,27 \mu\text{m}$ atau $1,53 \mu\text{m}$. Sedangkan pada batubara memiliki ukuran pori sebesar $30,6 \mu\text{m}$; $12 \mu\text{m}$; hingga $4,4 \mu\text{m}$. Ukuran pori yang beragam dapat meningkatkan kecepatan difusi molekul adsorbat ke dalam adsorben, sehingga dapat meningkatkan efisiensi adsorpsi. Maka dari itu, penurunan kadar NOM menggunakan GAC batubara lebih efisien dibandingkan tempurung kelapa.

Selain itu, melalui pengukuran FTIR dalam mengetahui komponen kimia berupa gugus fungsi dari karbon aktif yang akan menunjukkan kemampuan karbon aktif dalam menjerap kontaminan. Sifat kimia berupa gugus fungsi seperti alkohol, aldehida, keton, karboksilat, eter, fenolik membuat adsorben memiliki afinitas tinggi terhadap pengikatan kontaminan. Pada umumnya struktur karbon aktif mengandung gugus fungsi O-H, C=O, C=C, dan C-H yang digunakan sebagai gugus aktif untuk menyerap adsorbat. Serta pita-pita inframerah dalam sebuah spektrum dapat dikelompokkan menurut intensitasnya yaitu kuat (s) strong, (m) medium, dan (w) lemah. Serta perolehan puncak dan spektrum sebagai sidik jari dari struktur molekul dan ikatan kimia tertentu, membutuhkan basis data referensi yang

Adapun identifikasi gugus fungsi pada tempurung kelapa dan batubara yang diperoleh dari FTIR Functional Group Table with Search-InstaNANO terlihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Pengujian FTIR Pada Karbon Aktif

Bilangan Gelombang (cm-1)		Gugus Fungsi
Tempurung Kelapa	Batubara	
3959 ^m	3213 ^s	O-H
-	1867 ^s	C=O
-	1577 ^m	C=C
1982 ^w	1774 ^s	C-H

Ket:

S = Strong

M = Medium

W = Weak

Diperoleh bahwasannya gugus fungsi dari hasil FTIR menunjukkan karbon aktif tempurung kelapa dan karbon aktif batubara memiliki bilangan gelombang yang sedikit berbeda namun memiliki gugus fungsi dominan yang sama yaitu gugus hidroksil (O-H), namun berbeda pada intensitas nya yang lebih kuat pada karbon aktif batubara dibandingkan tempurung kelapa. Gugus ini menunjukkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan cenderung bersifat polar (mudah menguap) sehingga dapat digunakan sebagai adsorben zat yang cenderung bersifat polar seperti untuk penjernihan air. Pada gugus karbonil (C=O) hanya terdapat pada karbon aktif batubara, melalui gugus karbonil (C=O) yang memiliki sifat hidrofilik (menarik air), sehingga memungkinkan adsorben dengan gugus ini untuk berinteraksi baik dengan molekul polar, termasuk air dan senyawa organik polar.

Lalu pada gugus aromatik (C=C) hanya terdapat pada karbon aktif batubara. Ikatan C=C ini berpotensi untuk menjerap molekul seperti senyawa aromatik dan beberapa senyawa organik. Serta pada gugus (C-H) dengan intensitas pada batubara lebih kuat daripada tempurung kelapa, ikatan ini memberikan karakteristik nonpolar dan hidrofobik, yang membuat adsorben efektif dalam menjerap senyawa

nonpolar seperti minyak, hidrokarbon, dan senyawa organik lainnya (Mentari et al., 2018).

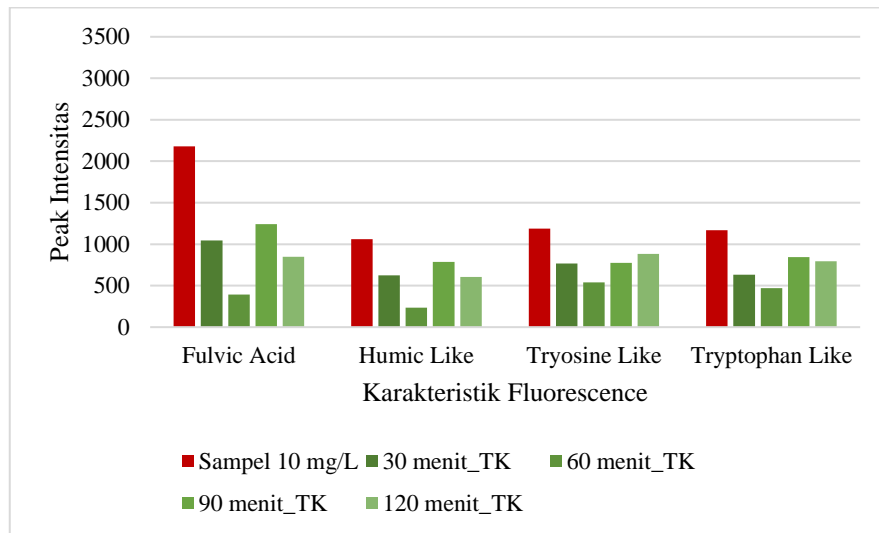
Keberadaan gugus – gugus fungsional sebagai gugus aktif tersebut dipakai untuk proses adsorpsi. Dimana gugus fungsi pada batubara terdiri dari gugus fungsi O-H, C=O, C=C, dan C-H yang berpotensi mampu membuatnya efektif dalam mengadsorpsi berbagai jenis senyawa dibandingkan tempurung kelapa. Keberadaan gugus fungsi dan ukuran pori yang diperoleh ini mendukung hasil intensitas fluoresensi pada penggunaan GAC batubara yang lebih efisien dibandingkan tempurung kelapa.

4.2.2 Uji Fluoresensi Variasi Waktu Kontak

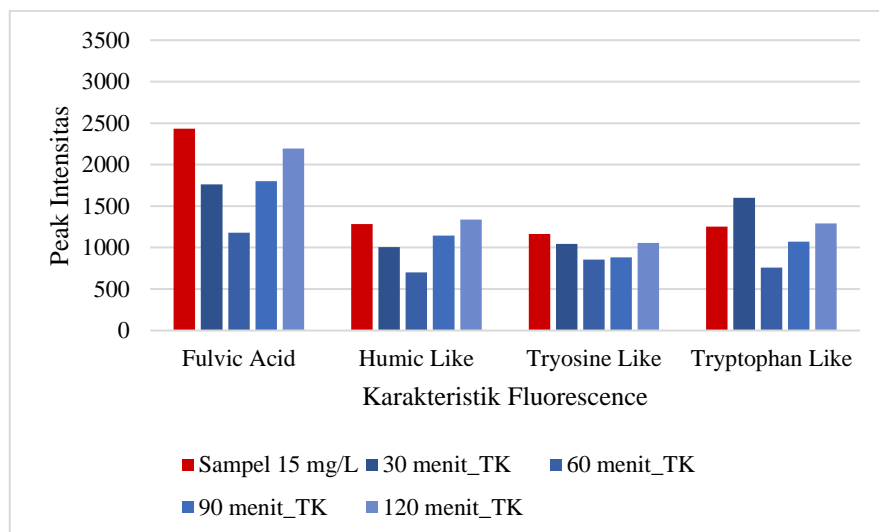
Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan oleh karbon aktif sebagai adsorben untuk berinteraksi dengan adsorbatnya. Untuk mengetahui berapa lama kontak yang dibutuhkan agar proses adsorpsi mencapai kesetimbangan maka GAC tempurung kelapa dan batubara dikontakkan dengan sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L pada variasi lama kontak 30, 60, 90, dan 120 menit. Adapun penambahan adsorben dalam pengujian waktu kontak ini disesuaikan dengan massa adsorben optimum yang telah diperoleh dalam pengujian sebelumnya yaitu 12,5 gram. Data berikut menampilkan hasil variasi waktu kontak pada proses adsorpsi dalam menurunkan kadar NOM dalam sampel.

1. Tempurung Kelapa

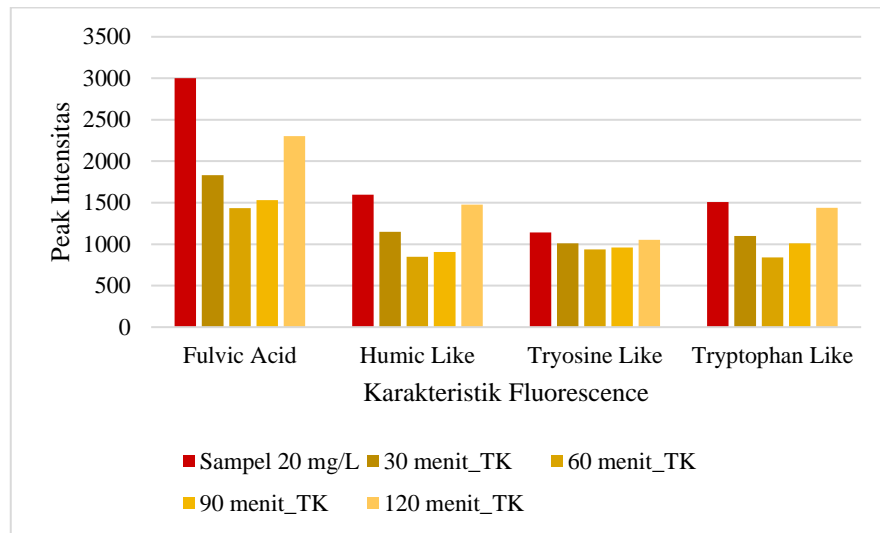
Berikut pengaruh waktu kontak terhadap intensitas fluoresensi setelah proses adsorpsi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.35; Gambar 4.36; dan gambar 4.37



Gambar 4. 35 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 10 mg/L

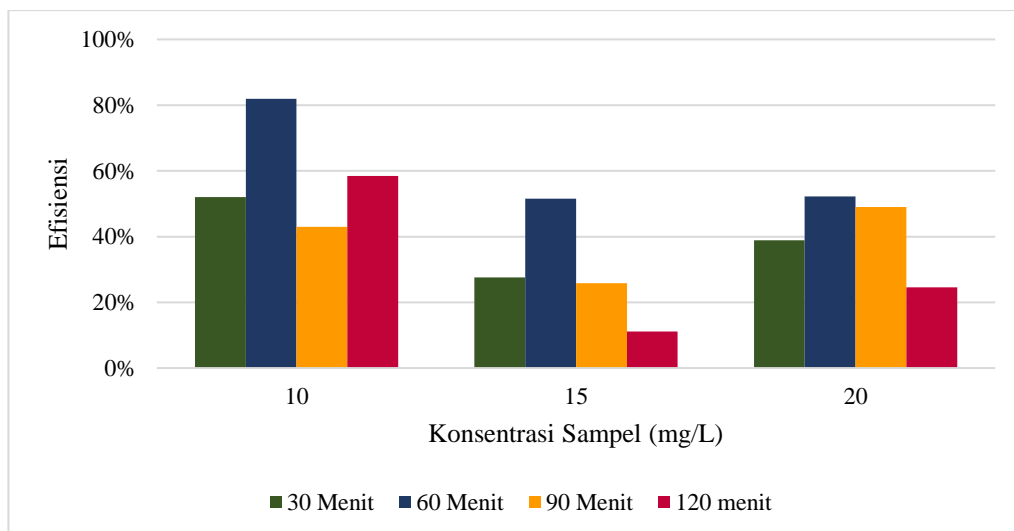


Gambar 4. 36 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 15 mg/L

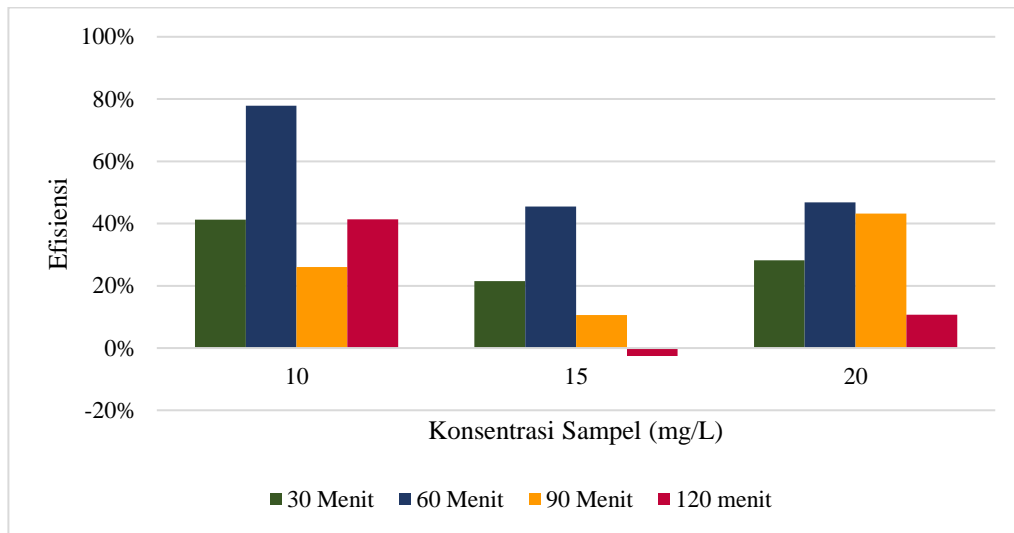


Gambar 4. 37 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 20 mg/L

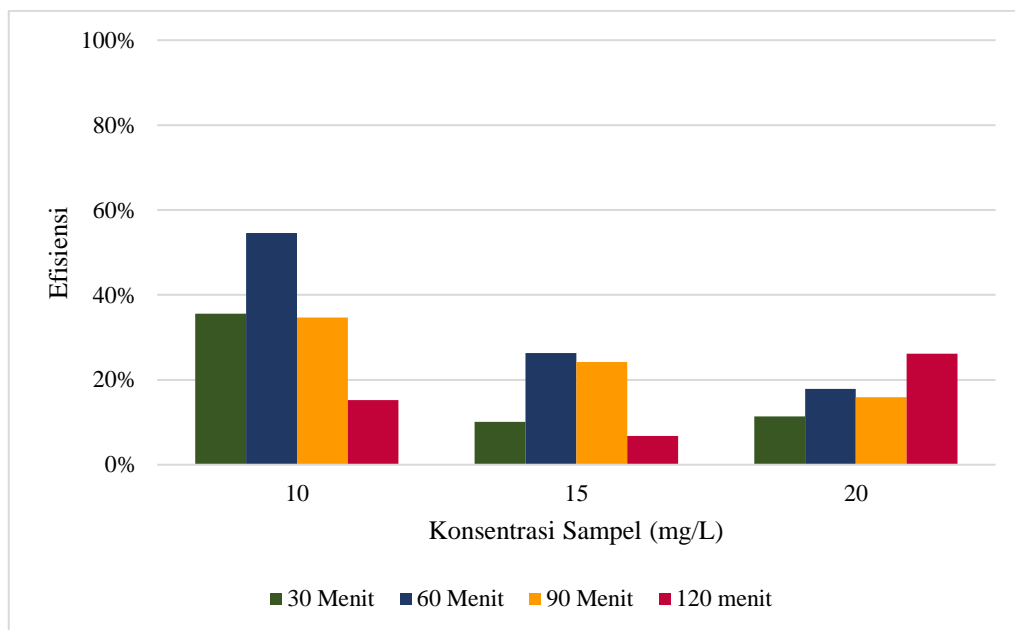
Perolehan yang ditampilkan pada Gambar 4.35; Gambar 4.36; dan Gambar 4.37 menunjukkan pengaruh tempurung kelapa melalui variasi waktu kontak terhadap penurunan dari kadar fluoresensi. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, penurunan intensitas untuk seluruh karakteristik fluoresensi berada pada lama waktu kontak 60 menit. Adapun, efisiensi proses adsorpsi yang dilakukan oleh tempurung kelapa dapat dilihat pada Gambar 4.38 hingga Gambar 4.41



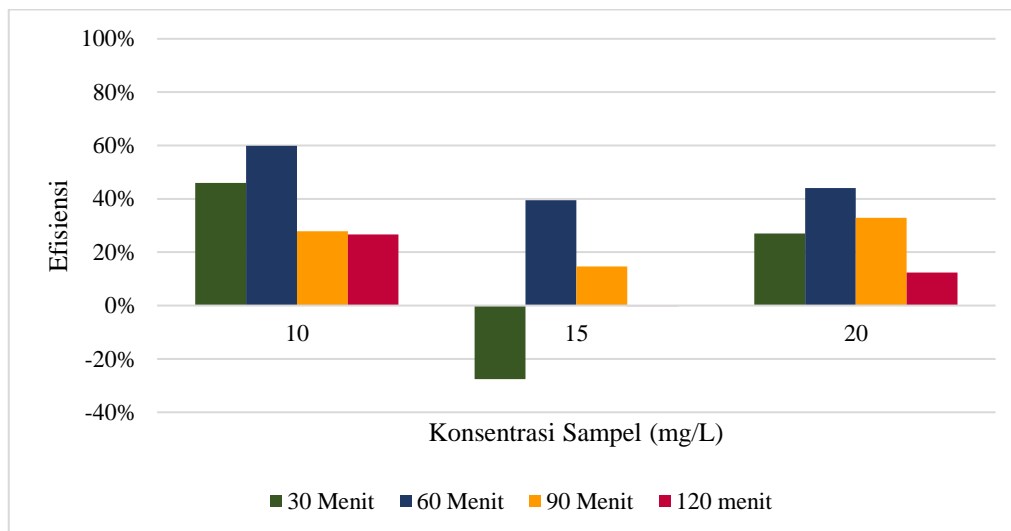
Gambar 4. 38 Penurunan Fulvic Acid Like Pada Variasi Waktu Kontak



Gambar 4. 39 Penurunan Humic Like Pada Variasi Waktu Kontak



Gambar 4. 40 Penurunan Tryosine Like Pada Variasi Waktu Kontak

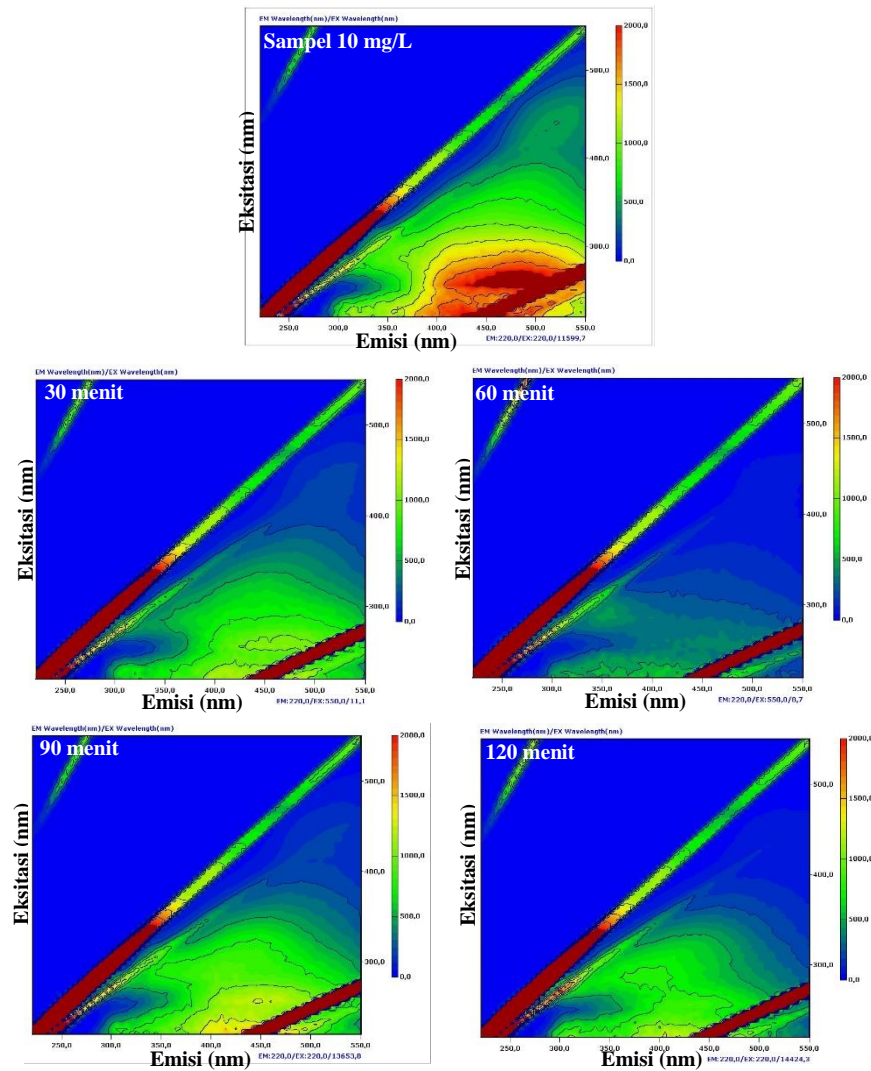


Gambar 4. 41 Penurunan Tryptophan Like Pada Variasi Waktu Kontak

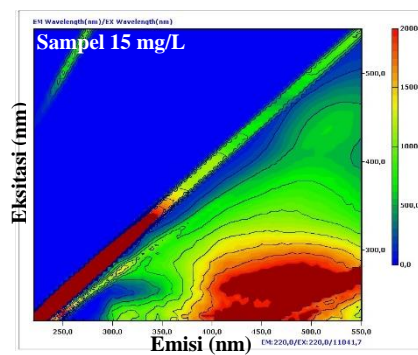
Berdasarkan gambar yang dilampirkan pada Gambar 4.37 hingga Gambar 4.40 diperoleh bahwasannya efisiensi penurunan kadar fluoresensi paling tinggi untuk semua konsentrasi berada pada waktu kontak 60 menit. Pada lama waktu kontak antara 30 menit ke 60 menit mengalami peningkatan yang menandakan terdapat peningkatan jumlah NOM yang teradsorpsi. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak antara NOM dengan karbon aktif tempurung kelapa menyebabkan interaksi keduanya semakin besar, sehingga proses adsorpsi NOM pada adsorben tempurung kelapa dapat terjadi dengan lebih mudah.

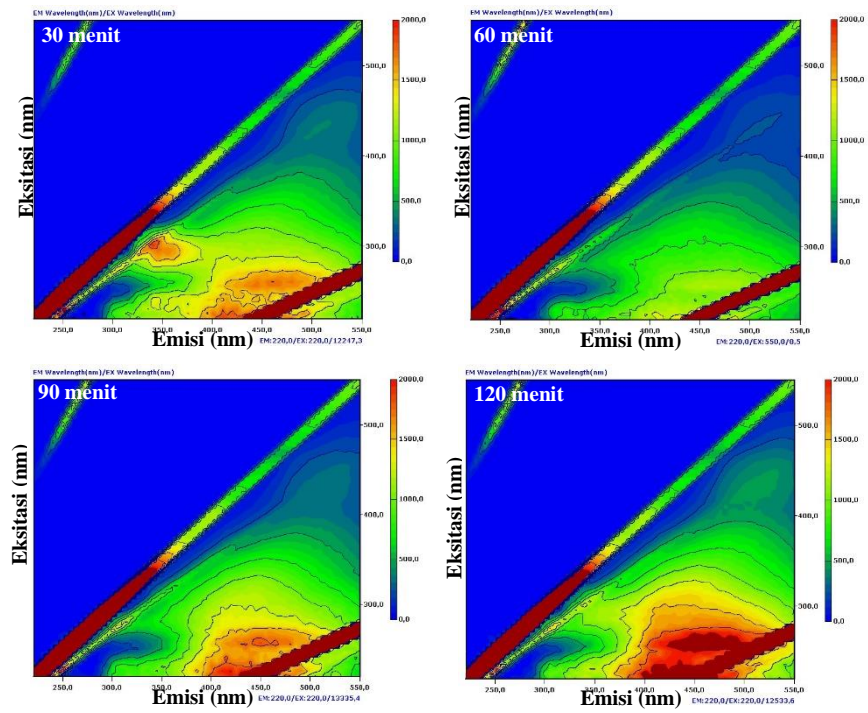
Namun, pada waktu kontak 90 menit dan 120 menit, tidak mengalami peningkatan efisiensi penurunan kadar fluoresensi yang menandakan peningkatan waktu kontak tidak menyebabkan NOM terserap menjadi lebih banyak. Penurunan efisiensi tersebut dapat terjadi karena karbon aktif tempurung kelapa telah mencapai kondisi jenuhnya, dimana apabila proses pengadukan atau pengontakan dilakukan lebih lama lagi maka akan menyebabkan NOM terdesorpsi, yaitu NOM yang telah teradsorpsi dilepaskan ke cairan atau sampel. Menurut (Wijayanti, 2009) bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh terhadap adsorbat, maka akan terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya diatas adsorbat yang telah terikat di permukaan, gejala ini disebut adsorpsi multilayer, sehingga adsorbat yang belum teradsorpsi berdifusi keluar pori dan kembali ke arus fluida. Adapun *fluoresence*

EEM pada variasi waktu kontak ditampilkan pada Gambar 4.42; Gambar 4.43; dan Gambar 4.44

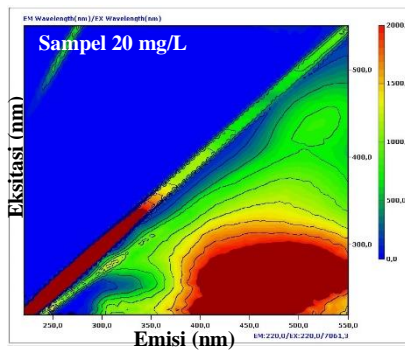


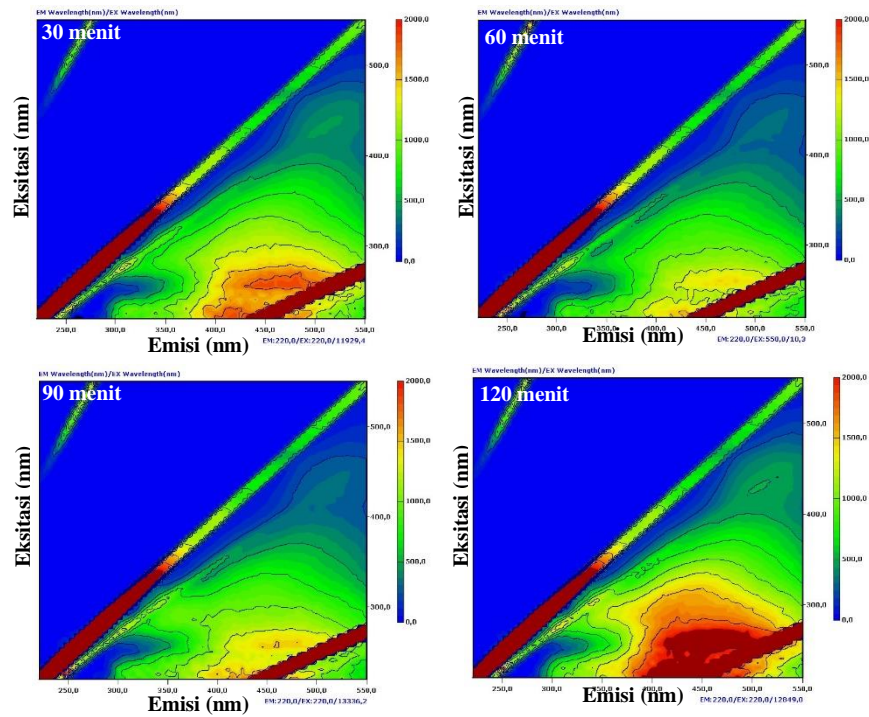
Gambar 4. 42 Fluorescence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 10 mg/L





Gambar 4. 43 Fluorescence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 15 mg/L

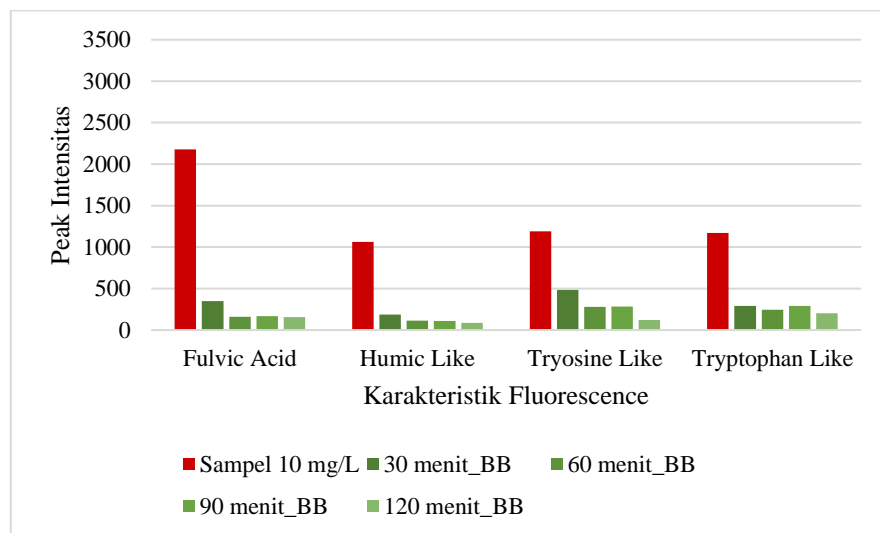




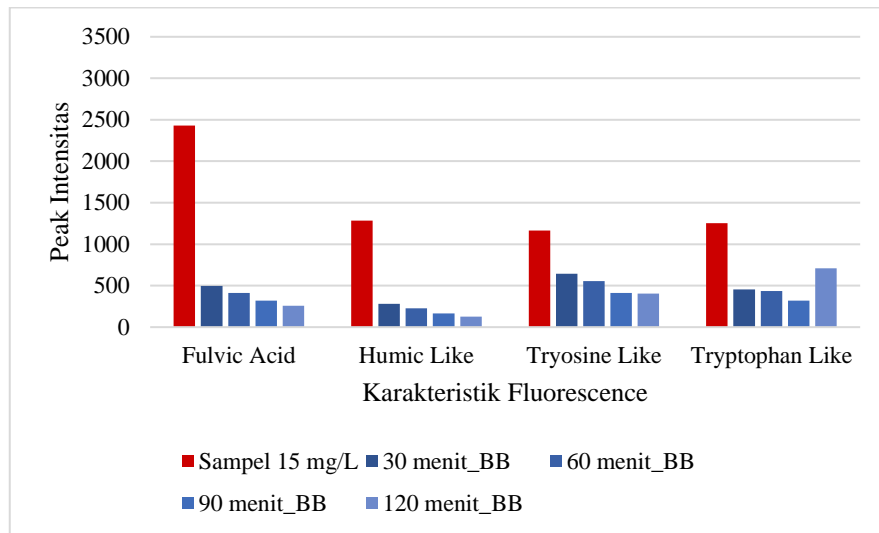
Gambar 4. 44 Fluorescence EEM Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa Pada Sampel 20 mg/L

2. Batubara

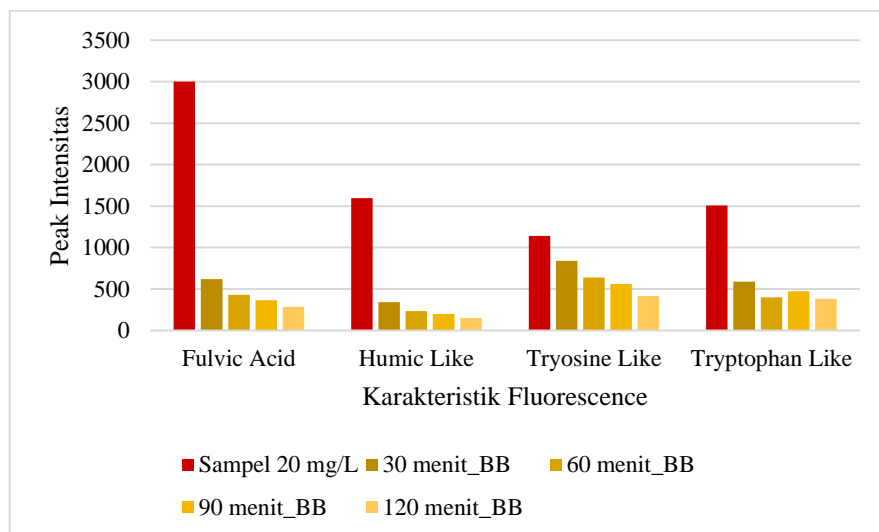
Berikut pengaruh waktu kontak terhadap intensitas fluoresensi setelah proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.45; Gambar 4.46; dan Gambar 4.47



Gambar 4. 45 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 10 mg/L

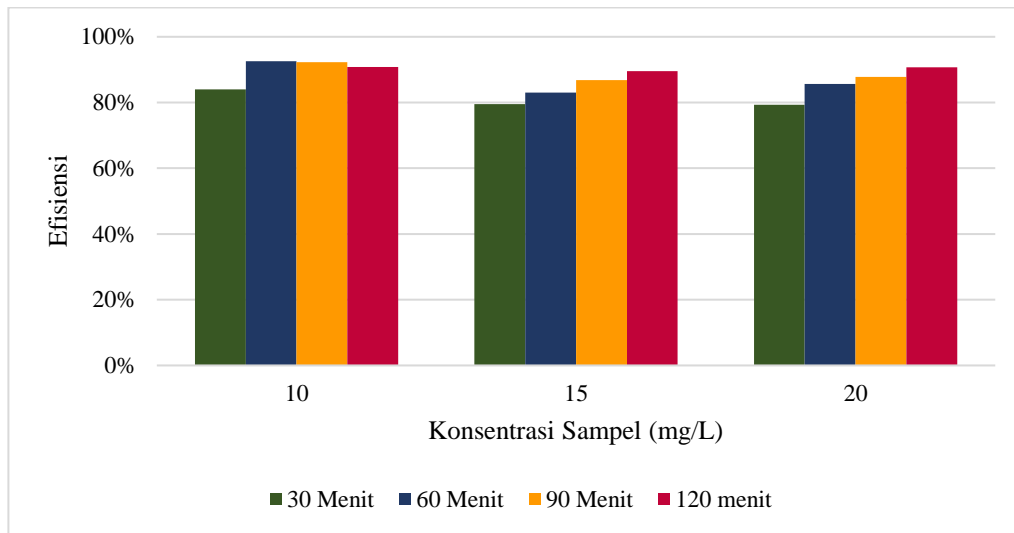


Gambar 4. 46 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 15 mg/L

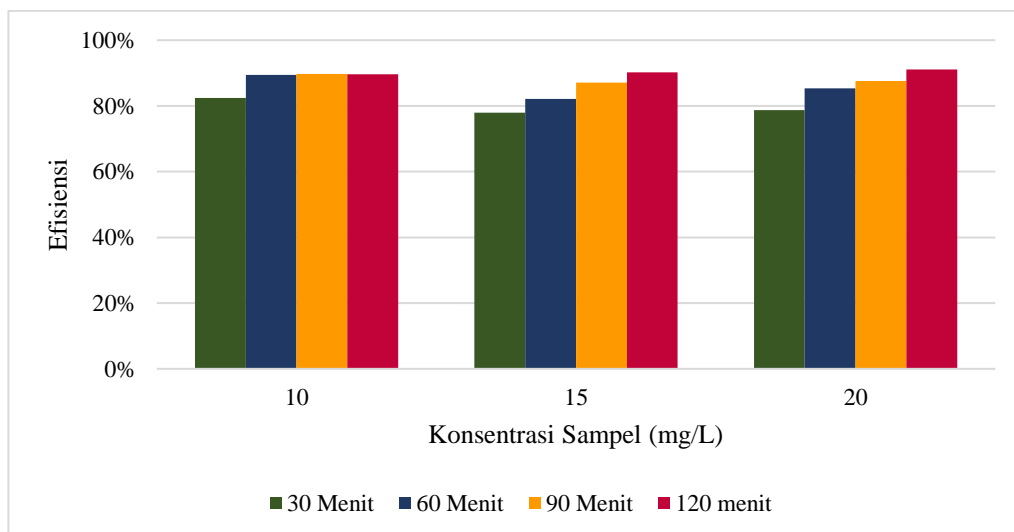


Gambar 4. 47 Intensitas Fluoresensi Waktu Kontak terhadap Sampel 20 mg/L

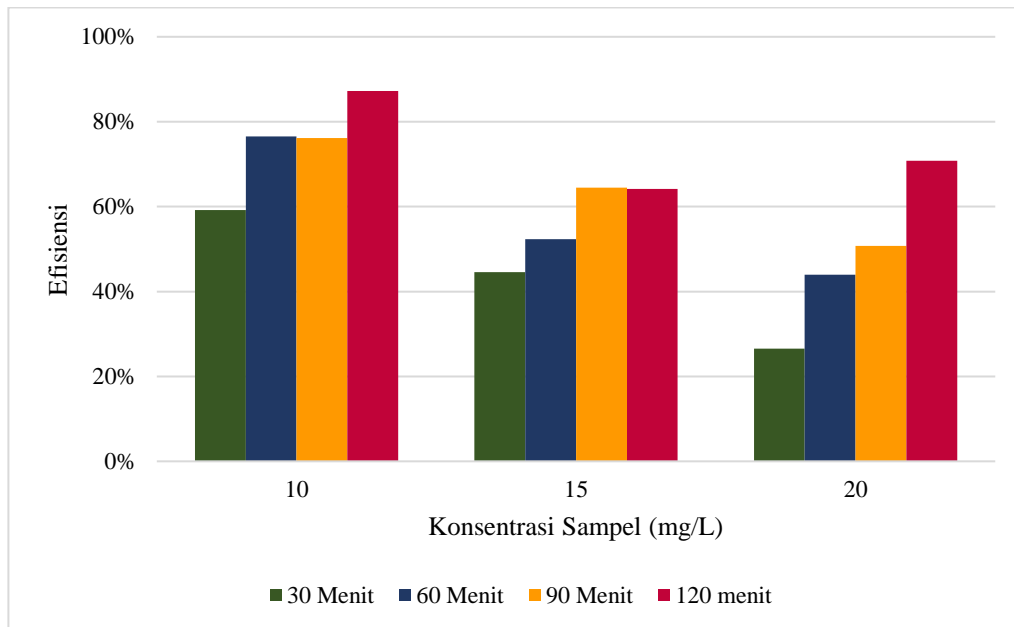
Pada Gambar 4.45; Gambar 4.46; dan Gambar 4.47 yang ditampilkan diatas menunjukkan pengaruh batubara melalui variasi waktu kontak terhadap penurunan dari kadar fluoresensi. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, penurunan intensitas fluoresensi untuk seluruh karakteristik fluoresensi berada pada lama waktu kontak 120 menit. Adapun, efisiensi proses adsorpsi yang dilakukan oleh batubara dapat dilihat pada Gambar 4.48 hingga Gambar 4.51



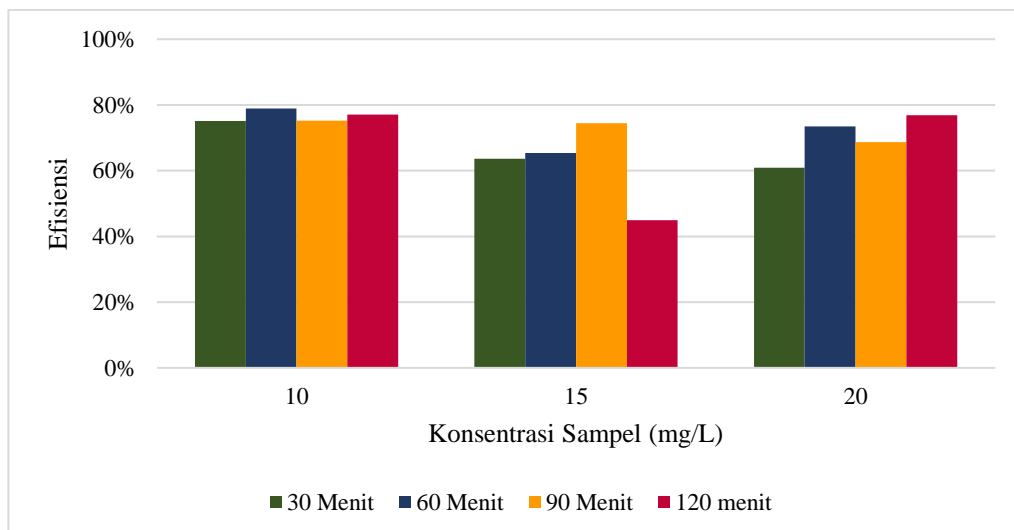
Gambar 4. 48 Efisiensi Penurunan Fulvic Acid Like Pada Variasi Waktu Kontak



Gambar 4. 49 Efisiensi Penurunan Humic Like Pada Variasi Waktu Kontak



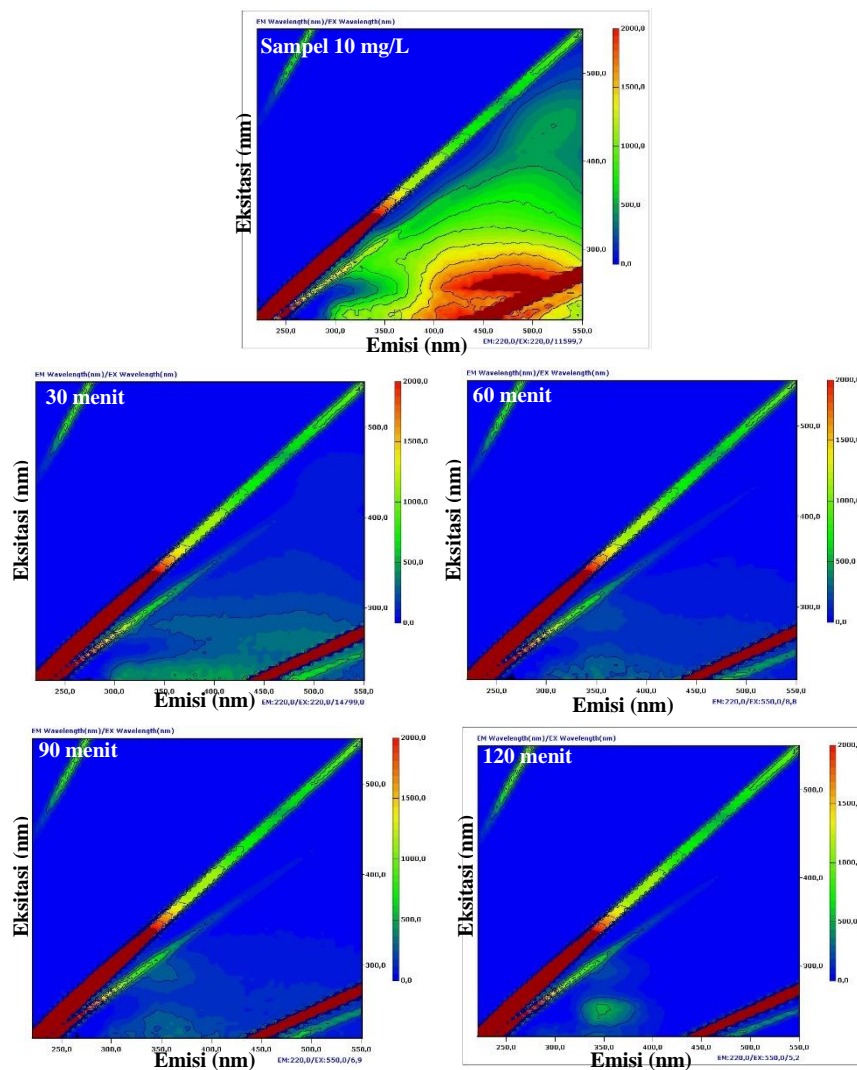
Gambar 4. 50 Efisiensi Penurunan Tyrosine Like Pada Variasi Waktu Kontak



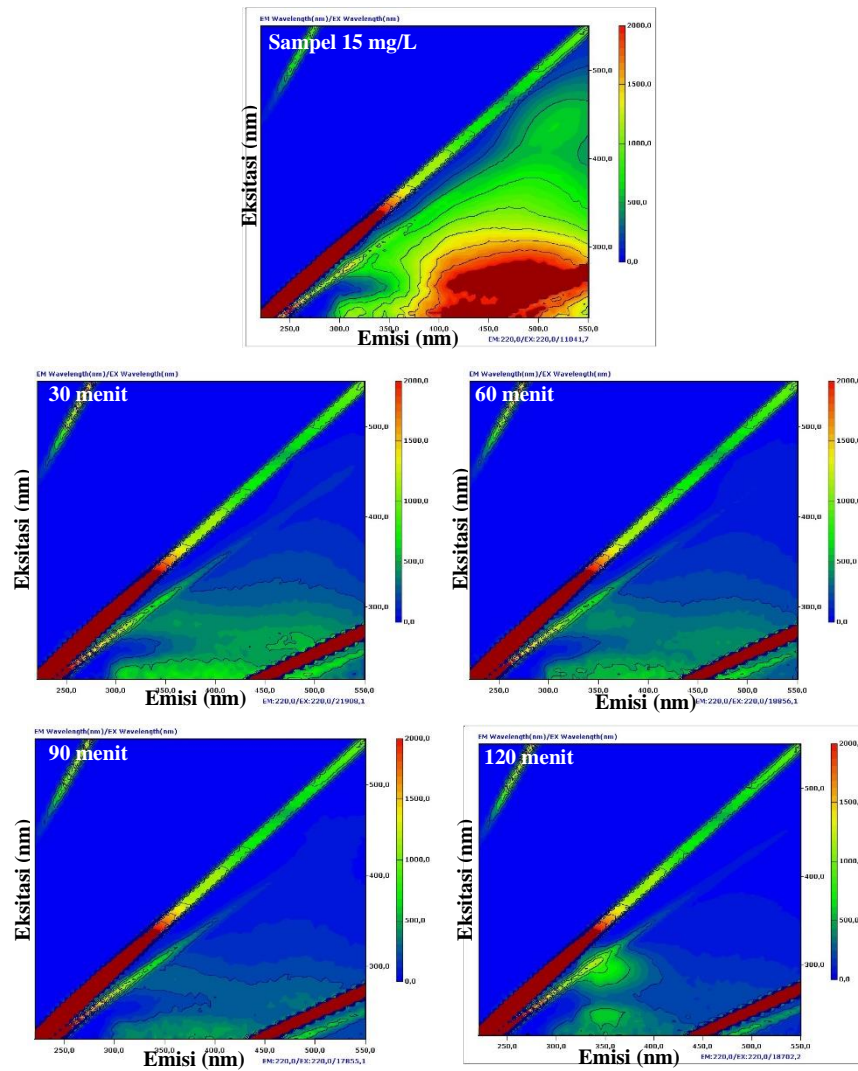
Gambar 4. 51 Efisiensi Penurunan Tryptophan Like Pada Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan gambar yang dilampirkan pada Gambar 4.48 hingga Gambar 4.51 diperoleh bahwasannya efisiensi penurunan kadar fluoresensi paling tinggi untuk semua konsentrasi didominasi berada pada waktu kontak 120 menit. Pada lama waktu kontak antara 30 menit hingga ke 120 menit mengalami peningkatan efisiensi atau peningkatan jumlah NOM yang teradsorpsi, kecuali pada fluoresensi tryptophan like yang peningkatan efisiensi nya tidak selalu meningkat seiring

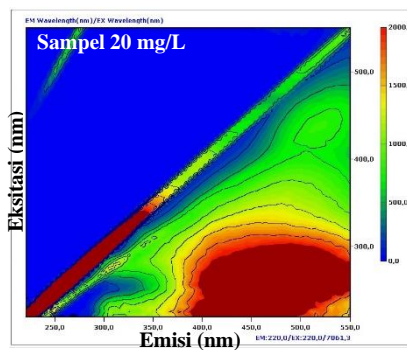
meningkatnya waktu kontak. Hal ini menandakan bahwa pada adsorben batubara, semakin lama waktu kontak maka kemampuan adsorben dalam menurunkan kadar NOM semakin meningkat pula. Penurunan intensitas fluoresensi tersebut dikarenakan semakin lama nya waktu kontak maka molekul-molekul NOM memiliki lebih banyak waktu untuk berinteraksi dan menempel pada permukaan adsorben. Adapun *fluoresence* EEM pada variasi massa adsorben ditampilkan pada Gambar 4.52; Gambar 4.53; dan Gambar 4.54

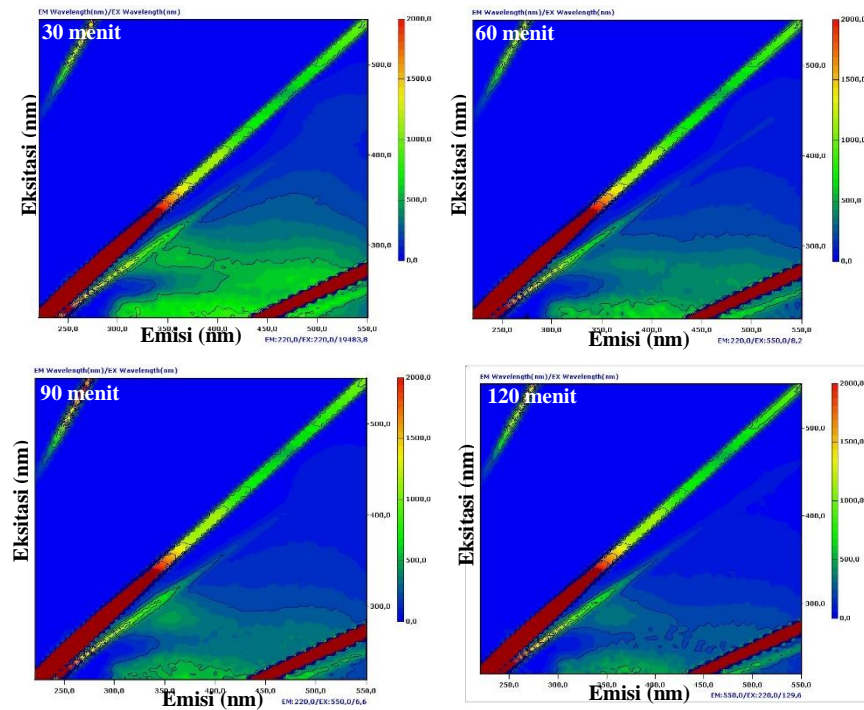


Gambar 4. 52 Fluoresence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 10 mg/L



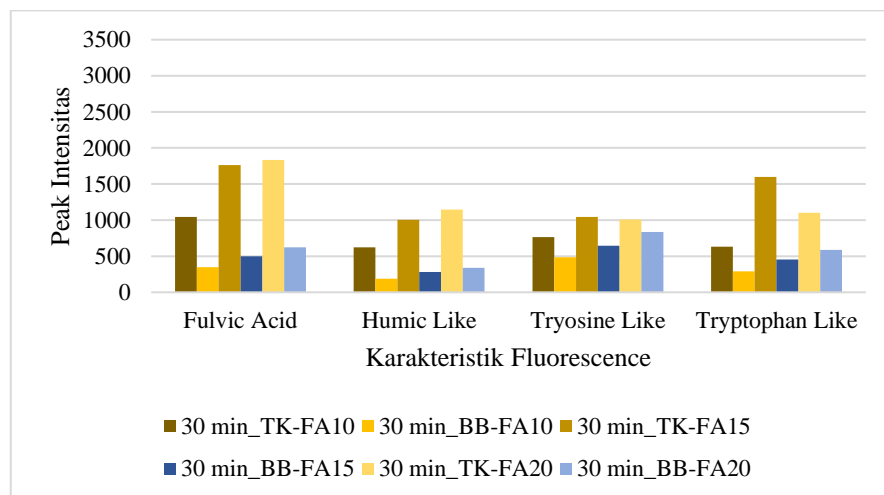
Gambar 4. 53 Fluorescence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 15 mg/L



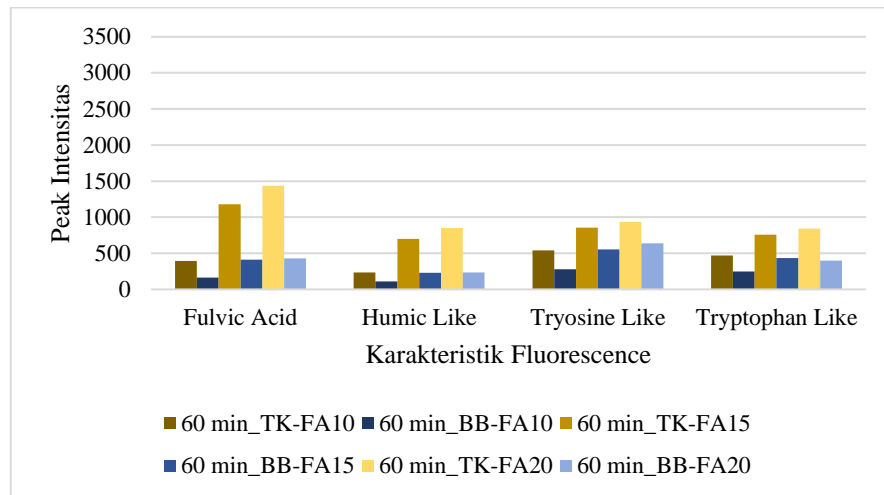


Gambar 4. 54 Fluorescence EEM Variasi Waktu Kontak Batubara Pada Sampel 20 mg/L

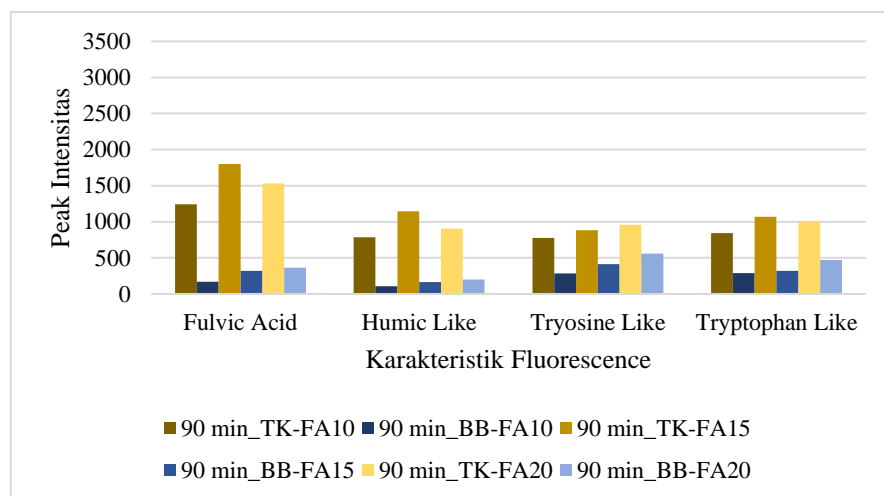
Jika perlakuan penurunan kadar NOM antara adsorben tempurung kelapa dan batubara dalam variasi waktu kontak dibandingkan, maka diperoleh perbandingannya yang ditampilkan pada Gambar 4.55 hingga Gambar 4.58



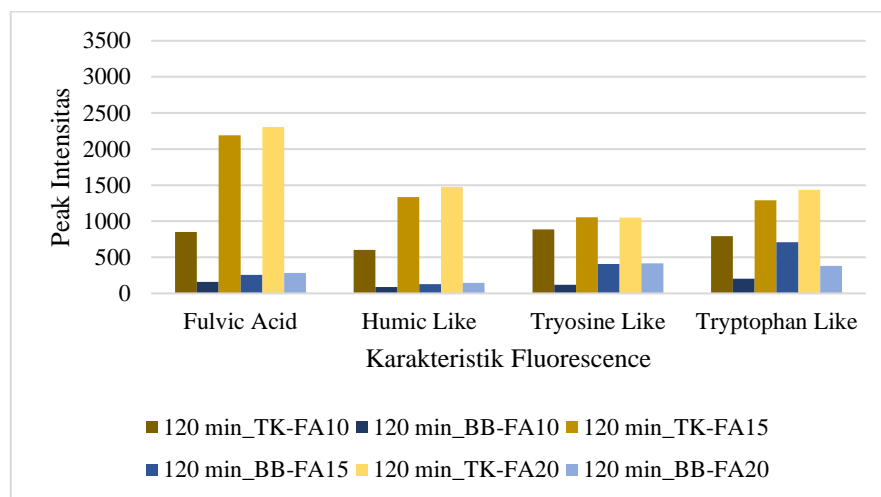
Gambar 4. 55 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 30 Menit



Gambar 4. 56 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 60 Menit



Gambar 4. 57 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 90 Menit



Gambar 4. 58 Perbandingan Intensitas Puncak Antara Adsorben Tempurung Kelapa dan Batubara pada Waktu Kontak 120 Menit

Pada Gambar 4.55 hingga Gambar 4.58 terlihat bahwasannya penggunaan batubara sebagai adsorben dalam memperoleh *peak intensity* lebih rendah dibandingkan adsorben tempurung kelapa. Hal ini salah satunya dikarenakan adsorben batubara memiliki struktur pori yang lebih luas (mikro, meso, dan makropori) sehingga memungkinkan penanganan kontaminan serta interaksi terhadap berbagai ukuran molekul, sedangkan struktur pori pada adsorben tempurung kelapa didominasi ukuran mikro. Perolehan nilai intensitas yang rendah menandakan penurunan kadar NOM paling baik, sehingga dapat dinyatakan bahwasannya melalui variasi massa waktu kontak, jenis adsorben yang paling efektif untuk penurunan kadar NOM adalah adsorben GAC batubara.

Selain itu, melalui variasi waktu kontak pula diperoleh penurunan kadar NOM menggunakan adsorben tempurung kelapa, mengalami penurunan fluoresensi paling rendah pada waktu kontak 60 menit. Sedangkan pada penggunaan adsorben batubara, penurunan fluoresensi paling rendah berada pada waktu kontak 120 menit.

4.2.3 Uji UV254

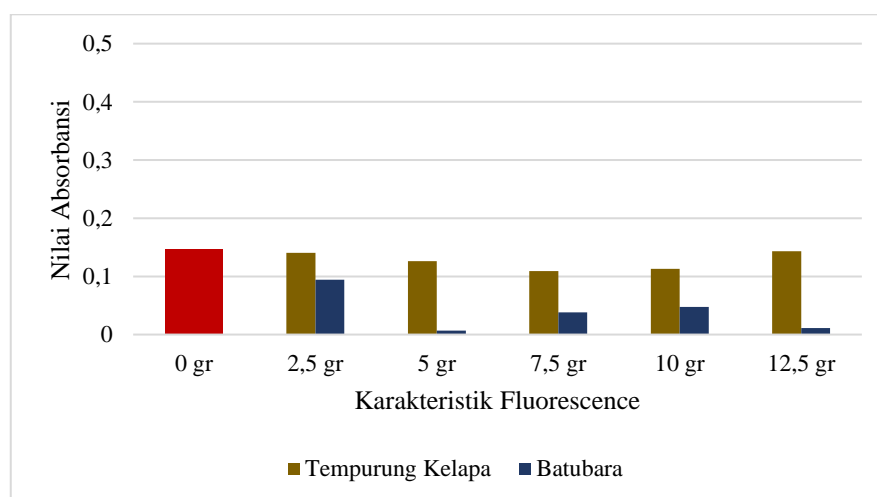
Pengujian UV254 memungkinkan deteksi NOM yang ditemukan di semua perairan dan memiliki bias terhadap senyawa aromatik yang ada di TOC dan memberikan manfaat signifikan untuk memantau potensi pembentukan DBPs.

Adapun hasil pengujian UV254 pada variasi massa adsorben dapat terlihat pada Tabel 4.3

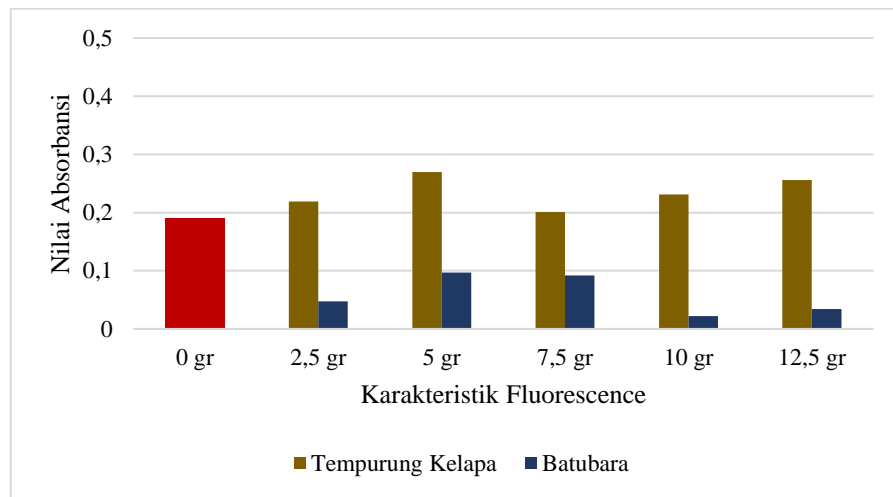
Tabel 4. 3 Absorbansi UV254 pada Variasi Massa Adsorben

Sampel	Absorbansi		
Tempurung Kelapa			
Variasi Massa Adsorben	Sampel 10 mg/L	Sampel 15 mg/L	Sampel 20 mg/L
0 gr	0,1463	0,1903	0,3712
2,5 gr	0,1406	0,2189	0,3671
5 gr	0,1264	0,2698	0,3452
7,5 gr	0,1093	0,2006	0,3737
10 gr	0,1129	0,2313	0,3714
12,5 gr	0,1432	0,2558	0,4142
Batubara			
Variasi Massa Adsorben	Sampel 10 mg/L	Sampel 15 mg/L	Sampel 20 mg/L
0 gr	0,1025	0,1903	0,3712
2,5 gr	0,0942	0,0473	0,3349
5 gr	0,0068	0,097	0,201
7,5 gr	0,0379	0,0918	0,1757
10 gr	0,0476	0,0219	0,162
12,5 gr	0,0112	0,0343	0,1352

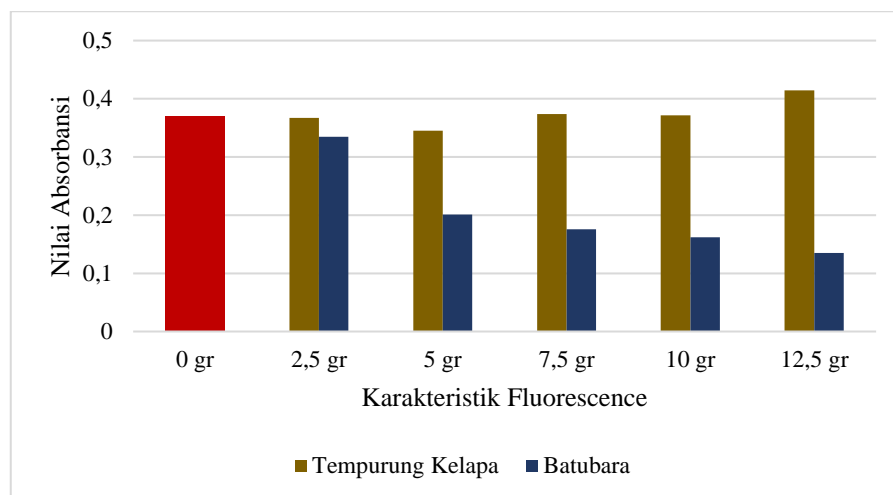
Perbandingan nilai absorbansi antara GAC tempurung kelapa dan batubara pada variasi massa adsorben terlihat pada Gambar 4.59 hingga Gambar 4.61



Gambar 4. 59 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 10 mg/L



Gambar 4. 60 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 15 mg/L



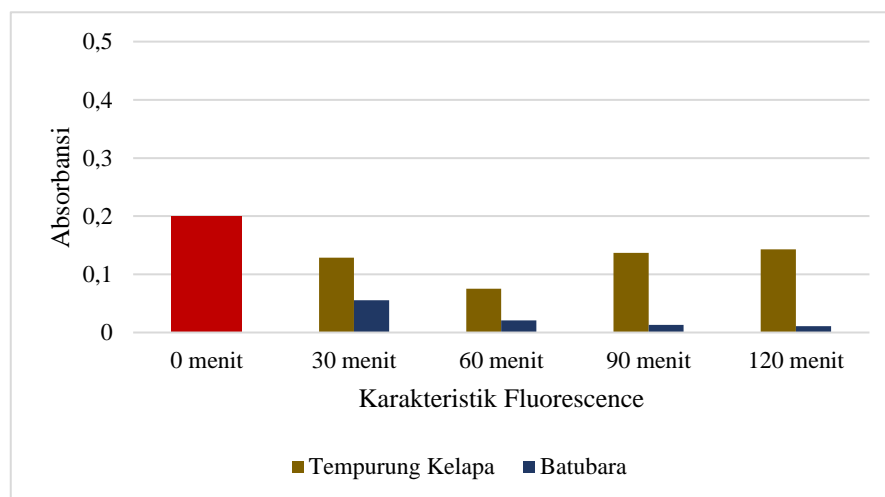
Gambar 4. 61 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Massa Adsorben pada Konsentrasi 20 mg/L

Sedangkan hasil pengujian UV254 pada variasi waktu kontak dapat terlihat pada Tabel 4.4

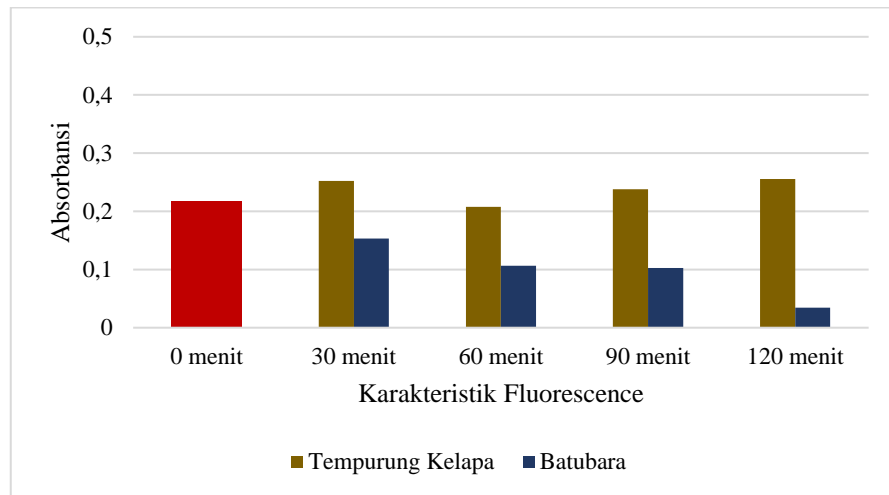
Tabel 4. 4 Absorbansi UV254 pada Variasi Waktu Kontak

Sampel	Absorbansi		
	Tempurung Kelapa		
Varisasi Waktu Kontak	Sampel 10 mg/L	Sampel 15 mg/L	Sampel 20 mg/L
0 menit	0,1995	0,2175	0,3069
30 menit	0,1284	0,2523	0,3090
60 menit	0,0755	0,2076	0,3053
90 menit	0,137	0,2381	0,2244
120 menit	0,1432	0,2558	0,4142
Batubara			
0 menit	0,1995	0,2175	0,3069
30 menit	0,0556	0,1530	0,1654
60 menit	0,021	0,1067	0,1772
90 menit	0,0133	0,1025	0,1128
120 menit	0,0112	0,0343	0,1352

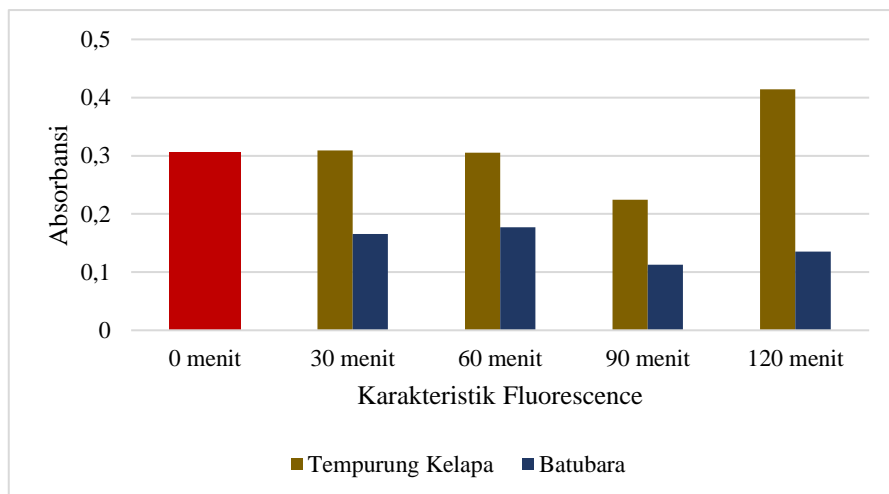
Perbandingan nilai absorbansi antara GAC tempurung kelapa dan batubara pada variasi waktu kontak terlihat pada Gambar 4.62 hingga Gambar 4.64



Gambar 4. 62 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 10 mg/L



Gambar 4. 63 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 10 mg/L



Gambar 4. 64 Perbandingan Absorbansi UV 254 Variasi Waktu Kontak pada Konsentrasi 20 mg/L

Definisi dari absorbansi adalah rasio intensitas cahaya yang diserap dengan intensitas cahaya yang datang. Sehingga dapat dikatakan bahwasannya besar serapan atau nilai absorbansi bergantung pada kandungan zat didalamnya. Semakin banyak kandungan suatu zat dalam sampel, maka jumlah cahaya yang diserap menghasilkan nilai absorbansi yang semakin besar.

Hal ini sejalan dengan perolehan pada grafik untuk kedua variasi dan kedua jenis adsorben, dimana melalui variasi massa adsorben nilai absorbansi tempurung

kelapa lebih tinggi daripada batubara yang menandakan keberadaan senyawa aromatik pada perolehan hasil adsorpsi menggunakan tempurung kelapa masih tinggi dibandingkan dengan batubara. Nilai absorbansi pada tempurung kelapa cenderung tidak selalu meningkat atau menurun seiring bertambahnya massa adsorben, adapun massa adsorben tempurung kelapa yang menghasilkan kandungan senyawa aromatik terendah adalah pada massa 7,5 gram. Sedangkan pada adsorben batubara, kandungan senyawa aromatik yang terserap paling kecil berada pada massa adsorben 12,5 gr.

Selain itu, nilai absorbansi melalui variasi waktu kontak antara absorbansi tempurung kelapa juga lebih tinggi dibandingkan adsorben batubara. Dimana pada tiap peningkatan waktu kontak, nilai absorbansi untuk kedua jenis adsorben semakin menurun. Untuk adsorben tempurung kelapa, nilai absorbansi pada konsentrasi 10 mg/L dan konsentrasi 15 mg/L memperoleh hasil paling rendah pada waktu kontak 60 menit, dan pada konsentrasi 20 mg/L nilai absorbansi paling rendah pada waktu kontak 90 menit. Sedangkan untuk adsorben batubara, nilai absorbansi paing rendah untuk semua konsentrasi berada pada waktu kontak 120 menit. Sehingga waktu kontak yang menghasilkan nilai absorbansi atau perolehan senyawa aromatik paling rendah berada pada waktu kontak 60 menit untuk adsorben tempurung kelapa dan 90 menit untuk adsorben batubara.

Jika pada air terkandung senyawa aromatic maka kandungan organic pada air juga bersifat hidrofobik dan memiliki berat molekul yang besar. Semakin tinggi senyawa aromatic dan berat molekul yang bersifat hidrofobik maka akan makin cenderung membentuk DBPs yaitu THM.

4.2.4 Korelasi Antara Emission Fluoresence dan UV-Vis (UV254)

Korelasi adalah ukuran statistik hubungan antara dua variabel. Tujuan ukuran ini untuk menilai hubungan antara variabel dan menentukan apakah variabel tersebut berkorelasi atau tidak. Adapun korelasi antara kadar fluoresensi dengan UV254 akan dipisah berdasarkan jenis adsorben yang digunakan. Uji korelasi akan ditunjukkan dalam nilai koefisien korelasi, yaitu adalah nilai yang menunjukkan kekuatan hubungan antara variabel. Uji korelasi dilakukan pada 3 konsentrasi,

dimana perolehan nilai koefisien korelasi (r) dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan perhitungan nilai koefisien korelasi pada Lampiran 6.

Tabel 4. 5 Uji Korelasi

Sampel	Kofisien Korelasi (r)				Keterangan
	Fulvic Acid	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like	
Tempurung Kelapa					
Sampel 10 mg/L	0,843	0,919	0,973	0,912	Korelasi Positif
Sampel 15 mg/L	0,925	0,858	0,873	0,889	Korelasi Positif
Sampel 20 mg/L	0,850	0,856	0,770	0,753	Korelasi Positif
Batubara					
Sampel 10 mg/L	0,979	0,987	0,910	0,555	Korelasi Positif
Sampel 15 mg/L	0,928	0,921	0,825	-0,709	Korelasi Positif
Sampel 20 mg/L	0,595	0,591	0,585	0,129	Korelasi Positif

Selain itu, perhitungan korelasi ini dapat dilakukan dengan menggunakan uji korelasi Pearson pada *fulvic acid like* dengan sampel 10 mg/L melalui perhitungan pada lampiran 7. Terlihat bahwasannya nilai $t >$ nilai kritis, $\rho < \alpha$, hal ini menandakan maka hipotesis ditolak, artinya hubungan tersebut signifikan secara statistik. Adapun berdasarkan Tabel 4.5 diperoleh bahwasannya koefisien korelasi untuk 2 jenis adsorben dan seluruh konsentrasinya memperoleh korelasi positif sempurna karena nilai r mendekati 1, hal ini menandakan bahwasannya variabel cenderung bergerak ke arah yang sama. Terkecuali pada sampel dengan konsentrasi 15 mg/L pada adsorben batubara, nilai absorbansi untuk karakteristik *tryptophan like* nilai koefisien korelasi mendekati -1 yang menandakan tidak ada korelasi atau tidak memiliki hubungan satu sama lain.

Jika dibandingkan pada salah satu sampelnya yaitu pada Gambar 4.35 yang menampilkan intensitas fluoresensi dari konsentrasi 10 mg/L terhadap variasi waktu kontak menggunakan adsorben tempurung kelapa, diperoleh bahwasannya nilai intensitas fluoresensi terkecil berada pada waktu kontak 60 menit. Dan pada Gambar 4.59 menampilkan nilai absorbansi UV254 dari konsentrasi yang sama, diperoleh bahwasannya nilai absorbansi terendah berada pada waktu kontak 60 menit pula.

Hal ini dapat diartikan bahwa, emisi fluoresensi dan UV254 memiliki hubungan yang sama, semakin rendah kadar intensitas, maka semakin rendah nilai absorbansi yang dihasilkan.

BAB V

KESIMPULAN & SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh bahwasannya:

1. Efisiensi removal adsorben tempurung kelapa dan batubara terhadap penurunan kadar intensitas fluoresensi berada pada massa optimum 12,5 gram. Dengan waktu kontak optimum 60 menit untuk adsorben tempurung kelapa dan 120 menit untuk batubara.
 - a. Pada sampel air 10 mg/L, GAC batubara mampu menurunkan 91% kadar *fulvic acid like* , 90% kadar *humic like*, 87% kadar *tyrosine like*, dan 77% kadar *tryptohan like*.
 - b. Pada sampel air 15 mg/L, GAC batubara mampu menurunkan 90% kadar *fulvic acid like* , 90% kadar *humic like*, 64% kadar *tyrosine like*, dan 45% kadar *tryptohan like*.
 - c. Pada sampel air 20 mg/L, GAC batubara mampu menurunkan 91% kadar *fulvic acid like* , 91% kadar *humic like*, 71% kadar *tyrosine like*, dan 77% kadar *tryptohan like*.
2. Jenis GAC yang paling efektif untuk penurunan kadar intensitas fluoresensi sebagai bentuk keberadaan NOM adalah GAC batubara.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasar pada perolehan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dapat melakukan percobaan dalam variasi kecepatan pengadukan sehingga mengetahui perbedaan penurunan NOM terhadap perlakuan tersebut.
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan air sample yang berasal dari sampling sumber air baku seperti sungai sehingga mengetahui kondisi optimum dalam percobaan adsorpsi.

3. Pada penelitian selanjutnya dapat melakukan perlakuan aktivasi kimia menggunakan larutan aktivator yang berbeda sehingga dapat membandingkan dan mengetahui faktor dari perlakuan aktivasi adsorben lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, G., & Pathak, K. (2009). Porous carriers for controlled/modulated drug delivery. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, 71(6), 599.
- Ali, I., Tan, X., Li, J., Peng, C., Naz, I., Duan, Z., & Ruan, Y. (2022). Interaction of microplastics and nanoplastics with natural organic matter (NOM) and the impact of NOM on the sorption behavior of anthropogenic contaminants—A critical review. *Journal of Cleaner Production*, 376, 134314.
- Amalia, A., Mirwan, M., & Farid, M. S. (2019). Pengaruh Kombinasi Pretreatment Adsorpsi-Ultrafiltrasi Dalam Menyisihkan Total Organic Carbon. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 11(2), 68-72.
- Anggraeni, I. S. dan Yuliana, L. E., (2015). Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flabellifer* L.) dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ($ZnCl_2$) dan Natrium Karbonat (Na_2CO_3). Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. Skripsi, 54–56.
- Araoye, P. A. (2009). The seasonal variation of pH and dissolved oxygen (DO₂) concentration in Asa lake Ilorin, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*, 4(5), 271–274.
- Aryani, F. (2019). Aplikasi metode aktivasi fisika dan aktivasi kimia pada pembuatan arang aktif dari tempurung kelapa (*Cocos nucifera* L). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2), 16-20.
- Barberi, J., & Spriano, S. (2021). Titanium and protein adsorption: An overview of mechanisms and effects of surface features. *Materials*, 14(7), 1590.
- Beltran, F. J. (2003). *Ozone reaction kinetics for water and wastewater systems*. crc Press
- Busyairi, M., Firlina, F., Sarwono, E., & Saryadi, S. (2019). Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Kondisi Ph Pada Air Asam Tambang. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 11(2), 87–101.

- Caroline, J. (2004). *Penurunan COD Dengan Proses Adsorpsi Secara Batch Menggunakan Karbon Aktif Pada Limbah Cair*. 1–9.
- Corbitt JD. Laparoscopic herniorrhaphy. *Surg Laparosc Endosc* 1991;1:23–25.
- D. A. Suryani, F. Hamzah, dan V. S. Johan, “Variasi Waktu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa,” *Jom Faperta Ur*, vol. 5, no. 1, hal. 1–10, 2018
- Do, D.D. *Adsorption analysis: Equilibria and kinetics*. Imperial College Press, London, 1998.
- Dewi, T. K., Nurrahman, A. dan Permana, E., (2009). Manufactured of Activated Carbon from Cassava Skin (*Mannihot Esculenta*). *Jurnal Teknik Kimia*, 16(1), pp. 24–30
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta
- Firmanto, R. P., Setyowati, R. D. N., & Suprayogi, D. (2021). 07.-Rafli-Puji-Halaman-197-206. *Journal of Research and Technology*, Vol. 7 No.(2), 195–206.
- Hsu, L. Y. dan Teng, H., “Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal”. *Fuel Processing Technology*, No. 64(1-3), pp:155-166, 2000
- Irawan, A., Sari, L. I., & Sari, I. (2022). *Irawan dan Sari*. 1(1), 21–27.
- Istighfarini S.A.E., Daud S., Edward H. 2017. Pengaruh massa dan ukuran partikel adsorben sabut kelapa terhadap efisiensi penyisihan fe pada air gambut. *Jom FTEKNIK*. 4(1)
- Karayigit, A. İ., Mastalerz, M., Oskay, R. G., & Buzkan, İ. (2018). Bituminous coal seams from underground mines in the Zonguldak Basin (NW Turkey): Insights from mineralogy, coal petrography, Rock-Eval pyrolysis, and meso- and microporosity. *International Journal of Coal Geology*, 199, 91-112.
- Kusdarini, E., Budianto, A., & Ghafarunnisa, D. (2017). Produksi karbon aktif dari batubara bituminus dengan aktivasi tunggal H₃PO₄, kombinasi H₃PO₄-NH₄HCO₃, dan termal. *Reaktor*, 17(2), 74-80.
- Laba, F., Kasim, A., & Saintis, H. H. (2020). Pembuatan Arang Aktif Sekam Padi

- Untuk Adsorpsi Cod Limbah Laundry. *Saintis*, 1(2), 19–24.
<https://ejournalfakultasteknikunibos.id/index.php/saintis/article/view/129>
- Li, L., Sun, F., Gao, J., Wang, L., Pi, X., & Zhao, G. (2018). Broadening the pore size of coal-based activated carbon via a washing-free chem-physical activation method for high-capacity dye adsorption. *RSC advances*, 8(26), 14488-14499.
- Matilainen, A. (2007). *Removal of Natural Organic Matter in different Stage of.pdf*.
- Mawaddati, I., Munfarida, I., & Hakim, A. (2021). Perhitungan beban pencemaran air Kali Jagir Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur. *Al-Ard: Jurnal TeknikLingkungan*, 7(1), 33-43.
- Mentari, V. A., Handika, G., & Maulina, S. (2018). Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Asam Nitrat (HNO₃). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1), 16-20.
- Pambayun, G. S., Yulianto, R. Y. E., Rachimoellah, M., Putri, E. M. M., Kimia, J. T., & Industri, F. T. (2013). *149022-ID-pembuatan-karbon-aktif-dari-arang-tempur*. 2(1).
- Rara, A. (2022). *Efektivitas Karbon Aktif dari Batu Bara Muda (Lignite) dalam Menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Industri Tahu*. 2(2), 327–339.
- Rizqo, R. (2018). *Karakterisasi Natural Organic Matter (Nom) Pada Influen Pdam Tirta Binangun Kulonprogo, D.I. Yogyakarta Characterizing of Natural Organic Matter (Nom) in Influent From Tirta Binangun Water Treatment Plant, Kulonprogo, D.I.Yogyakarta*. 1–12.
- Said, N. I. (2018). Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk Prinsip Dasar Perhitungan, Perencanaan Sistem Pembubuhan Dan Kriteria Disain. *Jurnal Air Indonesia*, 3(2), 96–110.
- Sani.2011. Pembuatan Karbon Aktif dari Tanah Gambut.*Jurnal Teknik Kimia*. V (2): 400-406
- Shofa, Pembuatan Karbon aktif Bahan Baku Ampas Tebu dengan aktivasi Kalium Hidroksida, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Indonesia, Depok, 2012

- Sillanpää, M., Ncibi, M. C., Matilainen, A., & Vepsäläinen, M. (2018). Removal of natural organic matter in drinking water treatment by coagulation: A comprehensive review. *Chemosphere*, *190*, 54–71.
- Siti Nurul Islamiyah* dan Toeti Koestiari. (2014). Penggunaan Karbon Aktif Granular Sebagai Adsorben Logam Cu (II) Di Air Laut Kenjeran Granular Activated Carbon Used As Adsorbent For Removal Copper Metal In Kenjeran Seawater Siti Nurul Islamiyah * dan Toeti Koestiari. *UNESA Journal of Chemistry Vol. 3, No. 3, September 2014*, *3*(3), 164–169.
- Sujiono, E. H., Zabrian, D., Zharvan, V., & Humairah, N. A. (2022). Fabrication and characterization of coconut shell activated carbon using variation chemical activation for wastewater treatment application. *Results in Chemistry*, *4*, 100291.
- Sukmana, H., Bellahsen, N., Pantoja, F., & Hodur, C. (2021). Adsorption and coagulation in wastewater treatment - Review. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, *17*(1), 49–68. <https://doi.org/10.1556/446.2021.00029>
- Sururi, M. R., Pharmawati, K., & Paramanita. (2018). Penyisihan Bahan Organik Alami Pada Air Permukaan Dengan Ozonisasi Dan Ozonisasi - Filtrasi. *Purifikasi*, *13*(1), 1–8.
- Song, W., Mu, G., Zhang, D., and Pan, X. (2010). Interaction of Acetamiprid with Extracellular Polymeric Substances (EPS) from Activated Sludge: A Fluorescence Study. *Afr. J. Biotechnol.* *9*, 7667–7673.
- Sotelo, J. L., Ovejero, G., Rodríguez, A., Álvarez, S., García, J. (2013) Study of natural clay adsorbent sepiolite for the removal of caffeine from aqueous solutions: Batch and fixed-bed column operation. *Water, Air, & Soil Pollution* *224*(3).
- Thurman E.M., 1985. *Organic Geochemistry of Natural Waters*, Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Netherlands, 1985.
- Vašková, J., Stupák, M., Vidová Ugurbaş, M., Žatko, D., & Vaško, L. (2023). Therapeutic efficiency of humic acids in intoxications. *Life*, *13*(4), 971.

- Wijayanti, R. (2009). Arang aktif dari ampas tebu sebagai adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas. Skripsi Sarjana pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor: tidak diterbitkan.
- Wulandari, F., Erlina, Bintoro, R. A., Budi, E., Umiatin, & Nasbey, H. (2014). Pengaruh Temperatur Pengeringan pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida dan Asam Fosfat untuk Penyaringan Air Keruh. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 3, 289–293

LAMPIRAN

Lampiran 1 Intensitas Puncak Variasi Aktivasi Karbon Aktif

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Sampel 10 mg/L	1960,725	983,196	1228,316	1457,642
TK5 to FA10 Non	4053,143	2053,777	845,795	2627,262
TK5 to FA10 Fisika	4307,592	1869,747	797,74	3561,072
TK5 to FA10 Kimia	1259,253	768,389	1134,566	1894,991
BB5 to FA10 Non	804,945	404,877	500,297	686,895
BB5 to FA10 Fisika	836,518	412,863	448,694	562,589
BB5 to FA10 Kimia	363,571	187,446	505,968	1016,449

Lampiran 2 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Tempurung Kelapa

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Sampel 10 mg/L				
Sampel 10 mg/L	2043,288	1031,433	1043,816	1084,523
TK2,5 to FA10	1856,546	979,29	1137,916	1187,874
TK5 to FA10	1182,635	667,795	859,023	873,542
TK7,5 to FA10	1180,531	731,193	980,78	942,452
TK10 to FA10	1091,237	730,134	1123,437	986,701
TK12,5 to FA10	849,045	604,738	884,696	795,059
Sampel 15 mg/L				
Sampel 15 mg/L	2468,139	1303,037	1133,074	1288,133
TK2,5 to FA15	2467,068	1324	1322,025	1373,484
TK5 to FA15	2489,543	1401,211	1144,53	1296,526
TK7,5 to FA15	2192,809	1282,727	1087,837	1272,895
TK10 to FA15	2072,153	1302,121	1045,411	1216,492
TK12,5 to FA15	2192,395	1336,194	1055,987	1291,393
Sampel 20 mg/L				
Sampel 20 mg/L	3053,745	1653,231	1424,48	1639,2

TK2,5 to FA20	2853,575	1613,132	1227,112	1464,216
TK5 to FA20	2605,394	1535,288	1214,162	1487,296
TK7,5 to FA20	2630,859	1577,929	1110,435	1495,694
TK10 to FA20	2547,92	1550,998	1205,44	1403,911
TK12,5 to FA20	2303,679	1476,296	1052,007	1436,749

Lampiran 3 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Batubara

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Sampel 10 mg/L				
Sampel 10 mg/L	2043,288	1031,433	1043,816	1084,523
BB2,5 to FA10	721,453	348,412	629,535	485,055
BB5 to FA10	287,409	149,21	425,281	262,511
BB7,5 to FA10	212,129	115,481	299,706	705,8
BB10 to FA10	158,522	93,87	163,032	124,505
BB12,5 to FA10	157,123	87,67	120,905	202,103
Sampel 15 mg/L				
Sampel 15 mg/L	2468,139	1303,037	1133,074	1288,133
BB2,5 to FA15	920,395	472,727	957,001	1419,345
BB5 to FA15	652,58	334,037	707,716	908,056
BB7,5 to FA15	370,025	187,779	506,316	1154,882
BB10 to FA15	347,545	142,182	488,947	1245,33
BB12,5 to FA15	257,016	127,31	406,324	709,933
Sampel 20 mg/L				
Sampel 20 mg/L	3053,745	1653,231	1424,48	1639,2
BB2,5 to FA20	1221,866	635,268	897,231	861,311
BB5 to FA20	803,977	413,765	772,69	1023,399
BB7,5 to FA20	535,358	265,245	641,447	599,829
BB10 to FA20	390,362	209,635	518,059	457,428
BB12,5 to FA20	283,524	148,071	415,715	379,433

Lampiran 4 Intensitas Puncak Variasi Waktu Kontak Tempurung Kelapa

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Sampel 10 mg/L				
30 menit_FA10	1044,853	623,989	766,254	631,39
60 menit_FA10	394,723	234,96	539,914	469,48
90 menit_FA10	1241,896	784,878	776,572	843,839
120 menit_FA10	849,045	604,738	884,696	795,059
Sampel 15 mg/L				
30 menit_FA15	1761,531	1006,515	1045,607	1599,791
60 menit_FA15	1179,033	699,569	857,019	758,213
90 menit_FA15	1802,228	1145,65	881,306	1070,343
120 menit_FA15	2192,395	1336,194	1055,987	1291,393
Sampel 20 mg/L				
30 menit_FA20	1833,759	1147,197	1010,9	1099,932
60 menit_FA20	1434,333	849,808	936,794	841,921
90 menit_FA20	1529,84	906,844	959,496	1010,593
120 menit_FA20	2303,679	1476,296	1052,007	1436,749

Lampiran 5 Intensitas Puncak Variasi Massa Adsorben Batubara

Sampel	Peak Intensity			
	Fluorophore Type			
	Fulvic Acid Like	Humic Like	Tryosine Like	Tryptophan Like
	A	C	B	T
Sampel 10 mg/L				
30 menit_FA10	347,644	186,874	484,854	290,786
60 menit_FA10	161,453	112,317	279,467	246,135
90 menit_FA10	167,977	108,6	283,832	289,778
120 menit_FA10	157,123	87,67	120,905	202,103
Sampel 15 mg/L				
30 menit_FA15	497,646	282,334	644,36	455,713
60 menit_FA15	412,068	228,788	554,17	434,007
90 menit_FA15	319,543	165,9	413,487	319,959
120 menit_FA15	257,016	127,31	406,324	709,933
Sampel 20 mg/L				

30 menit_FA20	621,045	340,026	838,011	588,934
60 menit_FA20	431,66	234,769	639,482	399,068
90 menit_FA20	366,141	198,593	561,607	472,126
120 menit_FA20	283,524	148,071	415,715	379,433

Lampiran 6 Perhitungan Koefisien Korelasi (r)

	Fulvic Acid Like (x)	Uv254(y)	xy	y²	x²
	1044,853	0,1284	134,1591	0,016487	1091717,792
	394,723	0,0755	29,80159	0,0057	155806,2467
	1241,896	0,137	170,1398	0,018769	1542305,675
	849,045	0,1432	121,5832	0,020506	720877,412
Σ	3530,517	0,4841	455,6837	0,061462	3510707,125
r	0,8435				

Dimana,

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

$$r = \frac{(4.455,68) - (3530,517)(0,4841)}{\sqrt{[(4.3510707,125) - (3530,517)^2][(4.0,061462) - (0,4841)^2]}} = 0,8435$$

Lampiran 7 Contoh Uji Korelasi Peak A

	<i>Fulvic Acid Like (x)</i>	<i>Uv254(y)</i>
Mean	882,62925	0,113633333
Variance	131523,1845	0,001109103
Observations	4	3
Pearson Correlation	0,843468471	
Hypothesized Mean Difference		0
df		3
t Stat	4,867196306	
P(T<=t) one-tail	0,008284203	
t Critical one-tail	2,353363435	
P(T<=t) two-tail	0,016568406	
t Critical two-tail	3,182446305	

Lampiran 8 Proses Penelitian



Duran dan Membran Filtrering



Aktivasi Karbon Aktif



Sampel



Senyawa Asam Fulvat

Filltering Appartus Glass Vacum
Filtration

Magnetic Stirrer



Spektrofluorometer (Shimadzu RF
6000)



Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi
UH5300)



Proses Filtering Supernatant



Proses Pengukuran Fluoresensi