TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR *NATURAL ORGANIC MATTER* DALAM AIR MENGGUNAKAN *POWDERED ACTIVATED CARBON*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

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

2024

TUGAS AKHIR

PENURUNAN KADAR *NATURAL ORGANIC MATTER* DALAM AIR MENGGUNAKAN *POWDERED ACTIVATED CARBON*

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh :

ISHMAH AZIZAH

20513213

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Hudori, S.T., M.T., Ph.D.
Tanggal: 23/8/2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII:

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.)., Ph.D.
Tanggal: 26/8/24

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 pertumbungan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah 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. (*apabila menggunakan software khusus)*
5. Pernyataan ini saya buat dan apabila di kemudian hari terdapat penyiangan dan ketidakbenaran dalam pernyatan 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, 23 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Ishmah Azizah

NIM: 20513213

PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas Rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir yang berjudul "Penurunan Kadar *Natural Organic Matter* Dalam Air Menggunakan *Powdered Activated Carbon"* dengan baik. Tugas Akhir ini disusun dengan maksud dan tujuan agar pembaca dapat menerima wawasan pengetahuan mengenai bahan organik yang dapat berbahaya bagi kesehatan dan bagaimana cara menurunkan kadar bahan organik. Selain itu, Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini baik secara moril maupun materi. Maka dari itu izinkan penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan, kelancaran dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, nasihat serta arahan selama penelitian ini berlangsung.
3. Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku dosen penguji satu yang telah membimbing dan meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.
4. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen penguji dua yang telah membimbing dan meluangkan waktu untuk memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik.

5. Orang tua penulis yang sangat penulis cintai dan selalu memberikan dukungan, semangat, pengertian pada penulis selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung.
6. Teman dan sahabat yang selalu memberikan dukungan, motivasi, dan setia menamani penulis selama pengerjaan tugas akhir ini berlangsung.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu per satu yang telah membantu penulis dalam melengkapi penyelesaian tugas akhir ini.

Yogyakarta, 23 Agustus 2024

Ishmah Azizah

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

ISHMAH AZIZAH. Penurunan Kadar *Natural Organic Matter* Dalam Air Menggunakan *Powdered Activated Carbon*. Dibimbing Oleh Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

NOM merupakan salah satu bahan organik yang umum ditemukan dalam air permukaan dan dapat menimbulkan masalah pada proses pengolahan air, seperti pembentukan produk samping *Desinfection By Product* yang berpotensi berbahaya bagi kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kadar *Natural Organic Matter* (NOM) dalam air menggunakan *Powdered Activated Carbon* (PAC). Metode adsorpsi menggunakan PAC jenis tempurung kelapa dan batu bara dipilih karena kemampuan PAC dalam menyerap berbagai macam kontaminan organik. Penelitian ini dilakukan dengan menyiapkan air sintetis yang mengandung NOM dengan konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. PAC ditambahkan ke dalam air sintetis dengan variasi konsentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, dan 1000 mg/L, kemudian dilakukan proses adsorpsi menggunakan *magnetic strirrer* di atas *hot plate* dengan kecepana 60 rpm selama 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PAC batubara efektif dalam menurunkan kadar NOM dalam air dibanding dengan PAC tempurung kelapa, dengan efisiensi penurunan yang meningkat seiring dengan peningkatan dosis PAC. Penurunan paling optimal untuk setiap paramter NOM terjadi pada konsentrasi 1000 mg/L menggunakan PAC batubara. PAC batau bara mampu menurunkan *fulvic acid* hingga 98%, *humic acid* hingga 94%, *tryptophan* hingga 91%, dan *tyrosine* hingga 93%. Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa PAC merupakan bahan yang efektif untuk mengurangi kadar NOM dalam air dan dapat menjadi alternatif yang baik dalam proses pengolahan air untuk meningkatkan kualitas air yang lebih aman bagi kesehatan.

Kata kunci: Adsorpsi, *Fluorescence* EEM, *Natural Organic Matter* (NOM), *Powdered Activated Carbon* (PAC), UV 254

ABSTRACT

ISHMAH AZIZAH. Reducing Natural Organic Matter Levels in Water Using Powdered Activated Carbon. Supervised by Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

NOM is an organic material commonly found in surface water and can cause problems in the water treatment process, such as the formation of Disinfection By Product, which are potentially dangerous to health. The purpose of this research to reduce levels of Natural Organic Matter (NOM) in water using Powdered Activated Carbon (PAC). The adsorption method using coconut shell and coal PAC was chosen because of PAC's ability to absorb various kinds of organic contaminants. This research was carried out by preparing synthetic water containing NOM with concentrations of 10 mg/L, 15 mg/L, and 20 mg/L. PAC is added to synthetic water with varying concentrations of 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, and 1000 mg/L, then the adsorption process is carried out using a magnetic stirrer on a hot plate at a speed of 60 rpm. for 120 minutes. The results showed that coal PAC was effective in reducing NOM levels in water compared to coconut shell PAC, with the reduction efficiency increasing as the PAC dose increased. The most optimal reduction for each NOM parameter occurred at a concentration of 1000 mg/L using coal PAC. Coal PAC can reduce fulvic acid up to 98%, humic acid up to 94%, tryptophan up to 91%, and tyrosine up to 93%. From this research, it can be concluded that PAC is an effective material for reducing NOM levels in water and can be a good alternative in the water treatment process to improve water quality that is safer for health.

Keywords: Adsorption, Fluorescence EEM, Natural Organic Matter (NOM), Powdered Activated Carbon (PAC), UV 254

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ..... **Error! Bookmark not defined.**
PENGANTAR iii
ABSTRAK v
ABSTRACT vi
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 3
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Air Bersih 4
2.2 *Natural Organic Matter* 5
2.3 Karakteristik *Natural Organic Matter* (NOM) 5
2.3.1 Parameter *Natural Organic Matter* (NOM) 6
2.4 Karbon Aktif 8
2.4.1 Proses Aktivasi Karbon Aktif 8
2.5 *Powdered Activated Carbon* (PAC) 10
2.6 Proses Adsorpsi 11
2.6 Uji Korelasi 12
2.8 Penelitian Terdahulu 12
BAB III METODE PENELITIAN 17
3.1 Waktu dan Lokasi 17
3.2 Alat dan Bahan 17
3.3 Diagram Alir Penelitian 18
3.3.1 Aktivasi Karbon 18
3.3.2 Pembuatan Air Sintetis 19
3.3.3 Proses Adsorpsi 20
3.3.4 Analisis Parameter 20

3.4 Metode Analisis Data 22
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 23
4.1 Pengujian Natural Organic Matter (NOM) 23
4.1.1 PAC Tempurung kelapa 23
4.1.*2* PAC Batubara 29
4.2 Pengujian UV-Vis 254 35
4.3 Uji Korelasi *Fluorescence EEM* dengan UV 254 37
4.4 Perbandingan PAC tempurung kelapa dan PAC batu bara dalam menurunkan kadar NOM 38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 41
2.4 Kesimpulan 41
2.5 Saran 41
DAFTAR PUSTAKA 42
LAMPIRAN 46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Wilayah Ex/Em Fluorofor di NOM 7
Tabel 2. 2 Referensi Penelitian Terdahulu 12
Tabel 4. 1 Efisiensi Removal *Fulvic Acid* 24
Tabel 4. 2 Efisiensi Removal *Humic Acid* 26
Tabel 4. 3 Efisiensi Removal *Tryptophan* 27
Tabel 4. 4 Efisiensi Removal *Tyrosine* 28
Tabel 4. 5 Efisiensi Removal *Fulvic Acid* PAC Batubara 30
Tabel 4. 6 Efisiensi Removal *Humic Acid* PAC Batubara 32
Tabel 4. 7 Efisiensi Removal *Tryptophan* PAC Batubara 33
Tabel 4. 8 Efisiensi Removal *Tyrosine* PAC Batubara 34
Tabel 4. 12 Uji Korelasi 37

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Representative* Ex/Em Puncak NOM 7
Gambar 2. 2 Struktur Kimia Karbon Aktif ..... **Error! Bookmark not defined.**
Gambar 2. 3 Karbon Aktif Serbuk 11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 18
Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pengaktivasian Karbon Aktif 19
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pembuatan Air Sintetis 19
Gambar 3. 4 Diagram Alir Proses Adsorpsi Karbon Aktif dengan Air Sampel 20
Gambar 3. 5 Spektrofluorometer type Shimadu RF-6000 21
Gambar 3. 6 Spektrofotometer type Hitachi UH-5300 21
Gambar 4. 1 Hasil Adsorpsi PAC Tempurung Kelapa dalam dalam penurunan kandungan NOM Pada Air Sampel 10 mg/L 24
Gambar 4. 2 Grafik Penurunan *Fulvic Acid* Tempurung Kelapa 25
Gambar 4. 3 Grafik Penurunan *Humic Acid* Tempurung Kelapa 26
Gambar 4. 4 Grafik Penurunan *Tryptophan* Tempurung Kelapa 27
Gambar 4. 5 Grafik Penurunan *Tyrosine* Tempurung Kelapa 28
Gambar 4. 6 Hasil Adsorpsi PAC Batubara dalam dalam penurunan kandungan NOM Pada Air Sampel 10 mg/L 30
Gambar 4. 7 Grafik Penurunan *Fulvic Acid* PAC Batubara 31
Gambar 4. 8 Grafik Penurunan *Humic Acid* PAC Batubara 32
Gambar 4. 9 Grafik Penurunan *Tryptophan* PAC Batu Bara 33
Gambar 4. 10 Grafik Penurunan *Tyrosine* PAC Batu Bara 34
Gambar 4. 11 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 10 mg/L 35
Gambar 4. 12 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 15 mg/L 36
Gambar 4. 13 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 20 mg/L 36
Gambar 4. 14 Hail FTIR Struktur Kimia Karbon Aktif Tempurung Kelapa (A), dan Batu Bara (B). 39
Gambar 4. 15 Hasil Pengujian SEM Pada Permukaan Struktur Pada Karbon Aktif tempurung kelapa (A) dan Batu Bara (B) setelah diaktivasi 40

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Natural Organic Matter (NOM) adalah campuran kompleks dari senyawa organik yang dapat ditemukan pada air tanah dan air permukaan. Senyawa organik alami dari pencampuran heterogen pada NOM dapat ditemukan dalam perairan alami yang berasal dari tumbuhan, hewan, mikroorganisme juga dari degradasi sumber-sumber tersebut. NOM dalam air tanah dan air permukaan dapat diklasifikasikan ke dalam fraksi humus dan non-humus. Dalam fraksi humus NOM memiliki sifat hidrofobik dan terdiri dari asam humat yang larut dalam alkali tetapi tidak larut dalam asam, dan asam fulvat yang larut dalam alkali dan asam dan membentuk sekitar 50% dari *Total Organik Carbon* (TOC) dalam air (Thurman, 1985). Sedangkan pada fraksi non-humus NOM memiliki sifat hidrofilik yang terdiri dari asam hidrofilik, protein, asam amino, dan karbohidrat (Matilainen et al., 2007). Keberadaan NOM dalam air tidak menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia secara langsung, namun keberadaan NOM dapat menimbulkan masalah terhadap kualitas air minum dan proses pengolahan air minum. NOM berkontribusi terhadap pembentukan *Disinfection By Products* (DBPs) yang menyebabkan akan adanya potensi senyawa karsinogenik di dalam pengolahan air minum secara konvensional.

Salah satu teknologi alternatif yang dapat digunakan dalam menurunkan kandungan NOM pada air adalah metode adsorpsi. Adsorpsi adalah peristiwa menempelnya suatu zat pada permukaan zat lain disebabkan adanya ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan. Pada proses adsorpsi terjadi pemisahan dimana komponen dari fase larutan berpindah ke permukaan fase padatan (metcalf & eddy, 1991). Adsorpsi merupakan teknologi yang paling efisien untuk menghilangkan zat organik, warna, bau, dan minyak (Suseno, 2012). Salah satu tantangan dari teknologi adsorpsi ini adalah pemilihan jenis adsorben yang akan digunakan.

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan dalam proses adsorpsi. Karbon aktif memiliki daya adsorpsi yang kuat dan luas permukaan yang baik dibandingkan dengan adsorben lainnya (Walas, 1990). Karbon aktif diketahui dapat menyerap senyawa organik maupun anorganik. Karbon aktif dipilih karena mempunyai karakter kimia dan fisika yang mampu mengadsorpsi zat organik maupun anorganik (Mifbakhuddin, 2010). Pada proses adsorpsi menggunakan karbon aktif terjadi penyerapan zat-zat yang akan dihilangkan oleh bagian permukaan dari karbon aktif tersebut. Beberapa bahan baku yang digunakan sebagai karbon aktif antara lain serbuk kayu, batu bara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, ampas kopi, ampas teh, sekam padi, tempurung biji karet, tempurung biji jarak, dan tempurung biji kemiri (Sudarja dan coro, 2012)

Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Tempurung kelapa dapat digunakan sebagai bahan bakar langsung maupun dalam bentuk arang, selain itu dapat juga digunakan dalam industri perminyakan yaitu sebagai bahan adsorpsi setelah diubah menjadi arang aktif yang mempunyai kemampuan daya adsorpsi lebih tinggi dari arang pada umumnya (Christina Rony N, 2006). Selain itu batu bara merupakan salah satu bahan dasar pembuat karbon aktif, di samping karena cadangan batu bara yang demikian besarnya di Indonesia nilai ekonomi dari batu bara juga sangat rendah, untuk itu pembuatan karbon aktif dari batu bara adalah salah satu upaya untuk meningkatkan nilai ekonomi dari batu bara tersebut (Yang, Ralph. T, 2003). Bentuk karbon aktif yang dapat dijadikan adsorben yaitu seperti *Granular Activated Carbon* (GAC), *Powdered Activated carbon* (PAC*), Extruted Activated Carbon*.

Penggunaan karbon aktif seperti PAC sebagai adsorben pada proses adsorpsi dapat menyerap bahan organik yang ada pada air. Maka dari itu dilakukan penurunan kandungan NOM dengan proses adsorpsi menggunakan PAC tempurung kelapa dan juga batu bara. Diharapkan dengan menggunakan kedua jenis PAC tersebut dapat menurunkan kandungan NOM dengan mengetahui jenis

PAC yang paling efektif dalam menurunkan kandungan NOM , dan dosis optimal dalam penurunan kandungan NOM.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Jenis PAC apa yang paling efektif dalam menurunkan kadar NOM
2) Berapakah dosis yang diperlukan dalam mengurangi kadar NOM dalam air.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut

1) Untuk mengetahui efektivitas PAC tempurung kelapa dan PAC batu bara dalam penurunan kandungan NOM.
2) Untuk mengetahui dosis paling optimum dalam penurunan kadar NOM dalam air.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Dapat meningkatkan kualitas air dengan menghilangkan NOM dalam air.
2) Memberikan informasi mengenai cara penurunan kandungan NOM dapat dengan menggunakan PAC.
3) Penggunaan PAC dapat dijadikan sebagai media alternatif dalam proses pengolahan air minum.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1) Menggunakan air sintetis dengan konsentrasi 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L *Fulvic Acid* sebagai sampel buatan
2) Menggunakan dua PAC yaitu jenis tempurung kelapa dan batu bara. Adapun konsentrasi yang digunakan pada masing- masing adsorben adalah 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, dan 1000 mg/L.
3) Parameter yang diuji adalah *Fluorescence Intensity,* dan UV 254.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air sangat berperan penting didalam upaya untuk meningkatkan kesejahteraan dan juga kemakmuran masyarakat. Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting, sedangkan persediaan air bersih semakin terbatas dikarenakan adanya pencemaran yang disebabkan oleh manusia itu sendiri (syaiful et al., 2014). Pelayanan air bersih yang ada di indonesia belum mencapai 50% baik itu pelayanan yang ada di perkotaan maupun di pedesaan (Kusuma et al., 2015).

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang merujuk kepada kondisi atau tingkat dari kebersihan, kejernihan, dan juga keamanan air. Perlindungan dan pengelolaan mutu air dijelaskan pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup menyebutkan bahwa semua air yang terdapat di atas maupun di bawah permukaan tanah termasuk kedalam pengertian air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang dimanfaatkan di darat. Sedangkan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No: 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Kualitas Air, menyebutkan bahwa kualitas mutu air adalah tingkat kondisi kualitas air yang menunjukan kondisi cemar ataupun kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan terhadap baku mutu air yang sudah ditetapkan. Dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan Lingkungan Hidup, air yang peruntukannya digunakan air baku air minum atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut masuk kedalam kategori kelas satu.

2.2 *Natural Organic Matter*

Natural Organic Matter (NOM) adalah senyawa organik yang berasal dari tumbuhan, hewan. Keberadaan NOM banyak terdapat di lingkungan perairan, darat, dan juga laut. NOM secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu *Particulate Organic Carbon* (POC) dan *Dissolved Organic Carbon (*DOC). DOC sendiri merupakan bagian NOM yang sangat mempengaruhi kualitas air, biasanya sebagian besar 80% dan terdiri dari hidrofobik dan hidrofilik (Sururi et al., 2016).

NOM yang ada di perairan alami terdiri dari komponen hidrofobik dan hidrofilik, dimana asam hidrofobik memiliki nilai tinggi yang membentuk sekitar 50% dari *Total Organic Carbon* (TOC) dalam air (Thurman, 1985). NOM hidrofobik kaya akan karbon aromatik, struktur fenolik, dan ikatan rangkap terkonjugasi, sedangkan NOM hidrofilik mengandung lebih banyak karbon alifatik dan senyawa nitrogen, seperti karbohidrat, gula, dan asam amino.

Bahan senyawa hidrofobik dari NOM adalah perkursor paling signifikan untuk pembentukan *Disinfection By Product* (DBP) (Hua dan Reckhow, 2007). Senyawa yang tergolong kedalam DBP memiliki sifat karsinogenik. Sedangkan senyawa hidrofilik juga dapat melakukan pembentukan senyawa baru selama desinfeksi, terutama di perairan dengan menggunakan komponen humat rendah.

2.3 Karakteristik *Natural Organic Matter* (NOM)

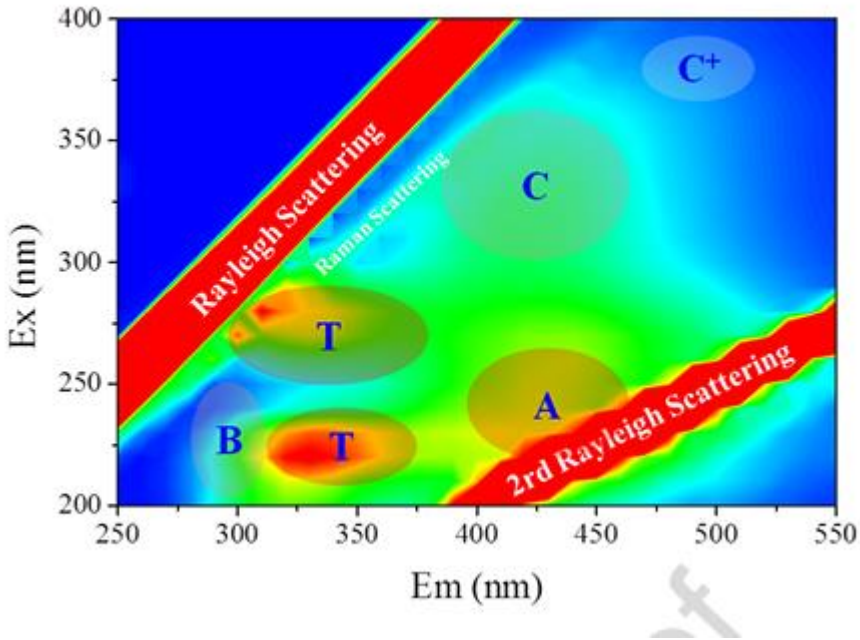
NOM dalam air baku harus dikarakterisasi agar dapat memahami perannya di dalam pengolahan air (Matilainen et al., 2011). Kandungan NOM dalam air dapat diidentifikasi menggunakan parameter uji yang nantinya akan mempresentasikan karakteristik berbeda dari setiap parameternya. Umumnya, setelah berbagai komponen NOM dan juga fraksi dari sumber air baku itu telah ditentukan, dapat ditentukan proses pengolahan yang akan menghilangkan NOM berdasarkan dari komponen masing-masing komponen.

2.3.1 Parameter *Natural Organic Matter* (NOM)

- *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM)

Fluoresensi adalah metode spektrokimia yang digunakan untuk menganalisis molekul yang dipancarkan melalui radiasi pada panjang gelombang tertentu. Fluoresensi merupakan suatu kondisi ketika molekul menyerap energi yang menyebabkan elektron berpindah menuju energi yang lebih besar. Ketika elektron itu kembali ke kondisi semula, maka energinya akan menghilang. Senyawa organik yang menyerap disebut dengan kromofor dan yang memancarkan kembali cahaya disebut dengan fluorofor. Ketika zat fluorofor menyerap cahaya, elektron yang menyerap energi mengalami transisi. Kemudian setelah proses transfer energi elektron akan melepaskan energi kembali ke keadaan dasar dan memancarkan cahaya dalam bentuk fluoresensi.

Fluoresensi memiliki beberapa jenis spektrum, salah satu diantaranya adalah EEM (Baker et al., 2001). EEM diukur dengan cara memindai intensitas fluoresensi pada rentang panjang gelombang eksitasi (Ex) dan emisi (Em), kemudian menghasilkan grafik 3D intensitas-eksitasi-emisi. Hasil dari EEM ini adalah multidimensi yang lebih komprehensif. Pemindaian ini cukup cepat untuk memungkinkan pemantauan online secara realtime pada ekosistem air dan instalasi pengolahan air (Baker et al., 2001). Fluoresensi sinkron spektrum dan EEM merupakan metode fluoresensi paling populer dalam studi NOM. Metode pengambilan puncak dalam mengidentifikasi komponen fluoresen dapat dilihat berdasarkan puncak Ex/EM (Pastore et al., 2018).



Gambar 2. 1 *Representative* Ex/Em Puncak NOM

Pada Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa terdapat enam pasang puncak fluoresensi Ex/Em di NOM. Puncak B merupakan struktur *tyrosine* dengan panjang ~230/330 - 380 nm. Dua puncak T pada gambar merupakan struktur *tryptophan* dengan panjang ~280/330 - 380 nm. puncak A merupakan struktur *fulvic-like* dengan panjang ~250/400 – 450. Puncak C merupakan struktur *humic-like* dengan panjang gelombang 350/410 – 460 nm.

Tabel 2. 1 Wilayah Ex/Em Fluorofor di NOM

Wilayah	**Ex/Em**	**Fluorofor**
I	<250/<330 nm	*Tyrosine*
II	<250/330 - 380 nm	*Tryptophan*
III	<250/<380 nm	*Fulvic-like*
IV	>250/250 - 380 nm	*Tyrosine/tryptophan*
V	>250/>380 nm	*Humic-like*

- UV-Vis 254

Spektroskopi serapan UV-Vis merupakan alat yang biasa digunakan dalam studi NOM. Serapan UV-Vis digunakan untuk mengidentifikasi kelimpahan/kualitas, sumber/reaktivitas, dan menyelidiki variasi dari struktur NOM yang ada. Adanya berbagai fraksi penyerap cahaya yang ada di dalam NOM serapan UV-Vis biasanya tidak memiliki ciri yang umumnya berkurang secara eksponensial dengan meningkatkan panjang gelombang. perbedaan panjang gelombang juga dapat digunakan untuk membedakan asal usul NOM (Hur et al. 2006). Panjang gelombang yang sudah dikenal memiliki korelasi yang baik dengan bahan organik adalah pada panjang gelombang 254 nm. Atas dasar ini penurunan absorbansi sampel pada panjang gelombang tersebut digunakan sebagai parameter ukur untuk menunjukkan penurunan kadar bahan organik (Heriani et al. 2014).

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi. Pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan hidrogen, gas-gas dan air dari permukaan karbon sehingga terjadi perubahan fisik pada permukaannya. Aktivasi ini terjadi karena terbentuknya gugus aktif akibat adanya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen. Pada proses aktivasi juga terbentuk pori-pori baru karena adanya pengikisan atom karbon melalui oksidasi ataupun pemanasan. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai macam bahan dasar yang mengandung karbon. Yang biasa dipakai sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain batu bara, tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, petrol coke, limbah pinus, dan kayu. Perubahan bahan dasar juga mempunyai efek terhadap kapasitas adsorpsi dan kinetik dari karbon aktif. Bahan dasar yang digunakan memberikan pengaruh terhadap struktur permukaan besar dari karbon aktif yang dapat dilihat dari *Scanning Electron Micrographs* (SEM).

2.4.1 Proses Aktivasi Karbon Aktif

Proses aktivasi karbon bertujuan untuk mengubah karbon menjadi karbon aktif yang mempunyai pori-pori dalam jumlah besar yang terbesar secara acak

dalam berbagai bentuk dan ukuran sehingga menghasilkan luas permukaan yang luas. Terdapat 3 macam proses aktivasi yaitu, proses fisika, proses kimia, dan proses fisika – kimia.

1. Aktivasi fisik

   Proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2. Dalam aktivasi fisik, karbon dipanaskan dalam tungku pada suhu 800 – 900^oC. Oksidasi dengan udara pada suhu rendah merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit dikendalikan. Pada saat memanaskan dengan uap atau CO_2 suhu tinggi merupakan reaksi endoterm sehingga lebih mudah dikendalikan dan paling umum digunakan (Arsyad dan Hamdi, 2010) .

2. Aktivasi kimia

   Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan menggunakan bahan kimia. adapun kelebihan aktivasi kimia dibandingkan dengan aktivasi fisika adalah proses aktivasi kimia menghasilkan luas permukaan karbon aktif yang sangat tinggi. Aktivator yang digunakan adalah bahan kimia seperti hidroksida logam alkali, garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah khususnya $ZnCl_2$, asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Udyani, 2019).

3. Fisika – Aktivasi kimia

   Aktivasi ini merupakan gabungan antara aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi karbon aktif dilakukan pembakaran dengan suhu tertentu hingga menjadi karbon kemudian direndam dalam larutan kimia hingga menjadi karbon aktif.

   Karbon aktif ditunjukkan dengan banyaknya pori-pori terbuka pada bentuk karbon. Biasanya ditunjukkan oleh luas permukaan dan distribusi ukuran pori (Marsh dan Rodriguez-Reinoso, 2006). Karbon aktif banyak digunakan sebagai adsorben, sehingga tekstur pori merupakan hal yang paling penting untuk dikontrol. Proses aktivasi dapat dilakukan secara fisik (aktivasi gas, misalnya gas oksigen encer, udara, uap, CO2, dll) dan aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4, $ZNCl_2$, KOH, Na_2CO_3, $NaHCO_3$, dll.

2.5 *Powdered Activated Carbon* (PAC)

PAC merupakan pelengkap proses pengolahan konvensional seperti koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi. PAC dapat dimasukkan ke dalam sistem pengolahan pada titik yang berbeda sebagai bubuk kering atau sebagai bubur. Tingkat penyisihan NOM dengan PAC diketahui sangat bergantung pada jenis PAC, serta kualitas sumber-sumber air yang menentukan dosis PAC yang diperlukan untuk mencapai penyisihan NOM yang diinginkan (Najm et al., 1991; Jacangelo et al., 1995). PAC yang digunakan adalah PAC jenis tempurung kelapa dan batu bara. Tempurung kelapa memiliki beberapa alasan untuk digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif antara lain karena kandungan karbonnya yang sangat banyak serta kemudahan bahan tersebut untuk didapatkan secara komersial sehingga sering disebutkan bahwa tempurung kelapa merupakan bahan dasar yang paling cocok untuk karbon aktif (Pujiyanto dan Mahmud, 2010). Sedangkan batubara adalah batuan sedimen yang terbentuk dari deformasi dan dekomposisi dari sisa-sisa tumbuhan dalam jutaan tahun yang lalu sejak bumi terbentuk. Ikatan-ikatan hidrokarbon yang ada dalam sisa-sisa tumbuhan terdeformasi dengan melepaskan sebagian besar dari oksigen, hidrogen, dan susunan dari hidrokarbon tersebut terdekomposisi menjadi material yang mengandung karbon tinggi akibat terlepasnya zat-zat volatil yang terkandung didalamnya (Trisna, 2017).

Dosis masing-masing PAC yang diperlukan untuk mengurangi NOM dalam air umumnya bergantung pada kapasitas adsorpsi karbon dan laju adsorpsi kontaminan target. PAC dapat ditambahkan sebelum koagulasi, selama penambahan bahan kimia, atau selama tahap pengendapan, sebelum penyaringan. PAC dapat diterapkan dalam jangka waktu singkat. PAC mempunyai ukuran partikel yang sangat halus yaitu sekitar 50 – 70 μm. Dikarenakan ukurannya yang sangat halus dan juga ringan, pengerjaan PAC harus dicampur dengan air dengan kandungan air sekitar 30 – 50%.

Gambar 2. 2 Karbon Aktif Serbuk

2.6 Proses Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang menyebabkan masuknya bahan dan berkumpul di dalam permukaan zat penyerap tersebut. Istilah adsorpsi pada umumnya digunakan untuk menggambarkan keadaan suatu bahan tertentu baik itu cairan atau padatan dengan menggunakan konsentrasi yang lebih tinggi di permukaannya. Selain itu proses adsorpsi dapat diartikan sebagai serangkaian proses yang terdiri dari reaksi-reaksi permukaan zat padat dengan zat pencemar pada fasa cair maupun gas. Zat padat pada proses adsorpsi biasa disebut dengan adsorben dan zat pencemar pada proses adsorpsi ini biasa disebut dengan adsorbat (Giyatmi, 2008).

Proses adsorpsi dapat berlangsung apabila padatan atau molekul (gas atau cair) berkontak langsung dengan molekul-molekul adsorbat. Dengan adanya kontak antara dua molekul tersebut menyebabkan terjadinya gaya kohesi dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Molekul-molekul pada adsorben memiliki gaya dalam dengan kondisi yang tidak setimbang, dimana gaya kohesi cenderung lebih besar daripada gaya adhesi. Gaya kohesi merupakan gaya tarik-menarik antar molekul yang sama jenisnya. Kesetimbangan gaya-gaya tersebut menyebabkan adsorben cenderung menarik zat-zat lain atau gas yang bersentuhan dengan permukaan.

2.6 Uji Korelasi

Korelasi merupakan teknik statistik yang dapat digunakan untuk menguji adanya hubungan serta keterkaitan hubungan dari dua variabel atau lebih (Maxsi Ary, 2012). Besar kecilnya hubungan antara dua variabel dinyatakan menggunakan bilangan koefisien korelasi. Besarnya koefisien korelasi antara -1, 0, dan +1. Jika besar suatu koefisien korelasi -1 dan 1 menandakan bahwa korelasi yang terjadi sempurna, sedangkan jika besaran koefisien korelasi 0 atau mendekati 0 dianggap tidak terdapat hubungan antara variabel yang diuji. Untuk arah hubungan dapat ditentukan menggunakan besaran angka koefisiennya. Jika arah hubungan positif besaran koefisien 0 – 1, untuk arah hubungan negatif besaran koefisien 0 – (-1), dan jika tidak terdapat arah hubungan atau nihil besaran koefisiennya adalah 0.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dijadikan sebagai referensi dan pembanding terhadap penelitian yang dilakukan. Berikut ini daftar penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dan pembanding.

Tabel 2. 2 Referensi Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Tahun	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil
1.	J. Guminska, M. Klos	2020	Mengoptimalkan strategi takaran *powder activated carbon* dalam aspek penyisihan NOM dan kekuatan flok	Penelitian ini dilakukan dengan cara proses adsorpsi. Adsorben yang digunakan bubuk karbon aktif CWZ 22 (Gryfskand)	Penghapusan bahan organik terlarut yang ditentukan dalam proses adsorpsi tidak tergantung pada PAC dan urutan dosis. Namun, urutan pemberian dosis berdampak pada

					pembentukan agregat yang mengakibatkan berbagai penghilangan kekeruhan
2.	Nusa Idaman Said	2007	Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk	Proses pengolahan air minum dengan karbon aktif butiran melalui proses Adsorpsi secara fisika (Physical Adsorption)	Sistem pengolahan air minum dengan karbon aktif bubuk sangat sesuai untuk dipakai pada saat kondisi darurat misalnya pada saat terjadi penurunan kualitas air baku secara tiba-tiba atau dipakai untuk jangka waktu pendek atau periode tertentu misalnya pada musim kemarau dimana kualitas air baku menjadi menjadi buruk. Tetapi jika untuk

					penggunaan untuk jangka waktu yang panjang, pengolahan dengan karbon aktif bubuk kurang sesuai karena akan memerlukan biaya untuk karbon aktif yang besar karena karbon aktifnya hanya satu kali pakai dan sulit untuk diregenerasi.
3.	Arisna, Zaharah, & Rudiyansyah	2016	Adsorpsi Besi dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian	Penelitian dilakukan menggunakan metode adsorpsi dengan melakukan penentuan pH optimum dan penentuan waktu kontak optimum adsorpsi bahan organik. Selain itu dilakukan metode permanganometr	absorbansi bahan organik pada air gambut berbanding lurus dengan bilangan permanganatnya. Hal ini berarti semakin tinggi absorbansi air gambut maka bilangan permanganat juga akan semakin tinggi.

				i untuk melihat kandungan bahan organik pada air gambut	Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan pH mempengaruhi proses adsorpsi. Hal ini disebabkan pada kondisi tersebut kompetisi antara ion H+ dengan bahan organik menjadi berkurang, sehingga semakin banyak bahan organik yang dapat diadsorpsi. Selain itu waktu kontak yang lama mengakibatkan terlepasnya kembali bahan organik yang telah diadsorpsi pada permukaan karbon aktif, sehingga mengurangi persentase

					penurunan bahan organik yang diperoleh.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Pelaksanaan pengujian kandungan *Natural Organic Matter* (NOM) dengan menganalisis beberapa parameter yang sudah ditentukan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Kegiatan pengujian dilaksanakan dari mulai bulan 1 Mei – 1 Juni 2024.

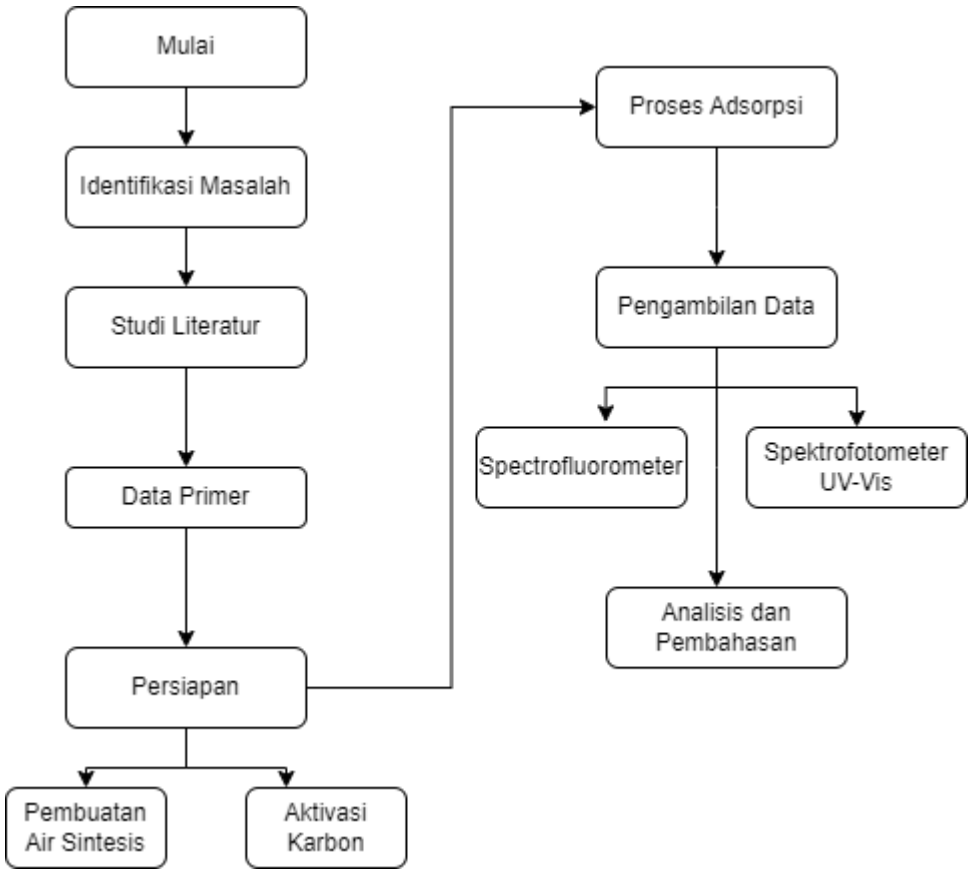
3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Spectrofluorometer (Shimadzu RF-6000), Vakum filtration, Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi UH-5300), *Hot plate*, *Magnetic Stirrer*, Gelas beker 500 ml, Gelas beker 250 ml, Gelas beker 100 ml, Batang pengaduk, Timbangan analitik, Blender, Saringan, Shaker, Pipet, Karet hisap, kuvet, Kaca arloji, Spatula, Pinset, Duran, Botol plastik 500 ml, Timbangan analitik, Oven, Loyang, Alumunium foil, Kertas pH universal, Kertas saring membrane filter 0.45 μm, dan Alat tulis,

Bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: karbon aktif tempurung kelapa, karbon aktif batubara, *Fulvic acid*, H_3PO_4, NaOH 6 N, HCl 6 N, dan Aquades.

3.3 Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah tahap penelitian yang akan dilakukan:

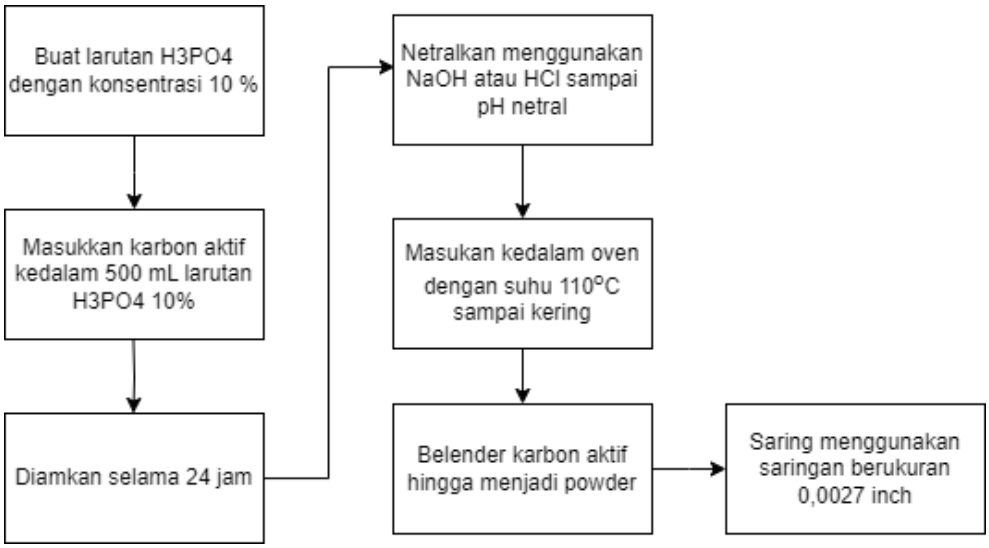


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Aktivasi Karbon

Pengaktivasian karbon aktif pada setiap jenisnya menggunakan larutan H_3PO_4 dengan konsentrasi 10%. Karbon aktif yang sudah dicampurkan kedalam larutan H_3PO_4 selanjutnya didiamkan selama 24 jam, kemudian dinetralkan menggunakan larutan NaOH jika pH asam dan HCl jika pH basa sampai pH mencapai netral. Dilakukan pemanasan di dalam oven dengan suhu 110^oC sampai kandungan air yang ada di karbon aktif hilang. Selanjutnya karbon aktif dihaluskan

menggunakan blender sampai berbentuk powder dan disaring menggunakan saringan berukuran 70 μm atau 0,0027 inc.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pengaktivasian Karbon Aktif

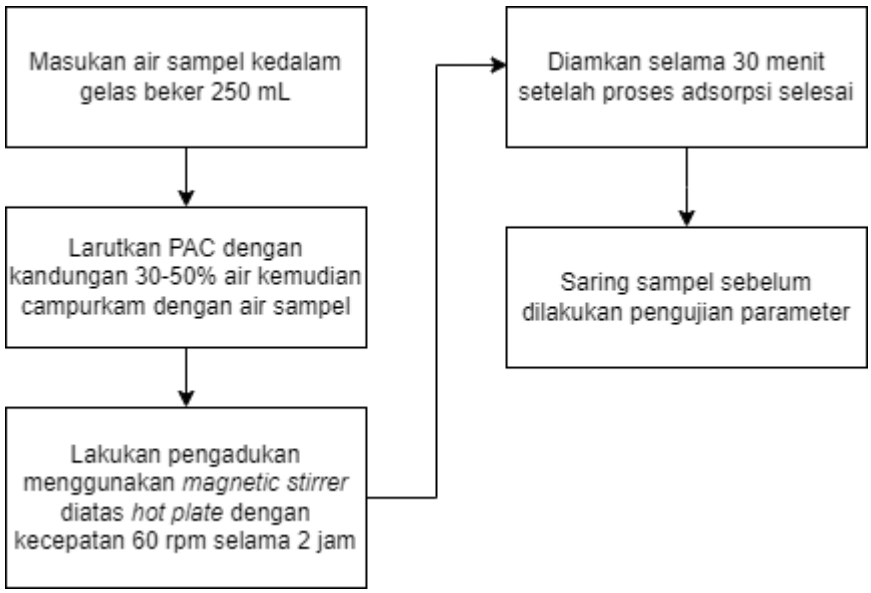
3.3.2 Pembuatan Air Sintetis

Terdapat 3 variasi air sampel yaitu 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. Pembuatan air sintetis dilakukan dengan menambahkan *fulvic acid* sebanyak 5 mg, 7,5 mg, dan 10 mg ke dalam masing-masing gelas beker 500 mL yang berisikan aquades. Kemudian aduk hingga FA tercampur merata. Diamkan sampel air sampai *fulvic acid* tercampur merata. Selanjutnya sampel dapat disiapkan dengan volume yang sudah ditentukan untuk melaksanakan semua pengujian.

Gambar 3. 3 Diagram Alir Pembuatan Air Sintetis

3.3.3 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan dengan cara melarutkan PAC yaitu jenis PAC tempurung kelapa dengan air terlebih dahulu. Masukan PAC kedalam air sampel pada gelas beaker 250 mL dengan konsentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, dan 1000 mg/L dengan PAC tempurung kelapa, kemudian aduk menggunakan *magnetic stirrer* di atas *hot plate* dengan kecepatan 60 rpm selama 120 menit. Lakukan hal yang sama untuk jenis PAC batu bara. Air sampel yang sudah dilakukan adsorpsi didiamkan selama 30 menit, selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan vakum *filtration* dengan kertas saring membrane filter 0.45 μm untuk masing-masing sampel sebelum dilakukan pengujian NOM dan UV 254.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Proses Adsorpsi Karbon Aktif dengan Air Sampel

3.3.4 Analisis Parameter

1) *Fluorescence EEM*

Pada penelitian ini NOM diuji menggunakan alat spektrofluorofotometer type Shimadzu RF-6000. Adanya penelitian ini bertujuan agar mengetahui kandungan NOM yang ada di dalam air. Pada

pengukuran kandungan NOM menggunakan panjang gelombang intensitas Em 250 nm – 550 nm, Ex 200 - 550 nm, dengan data interval 5 nm, dan kecepatan pindai sebesar 12000 nm/min. Sedangkan setting instrument yang digunakan adalah Ex *bandwidth* sebesar 5 nm dan Em bandwidth sebesar 5 nm, dengan sensitivitas yang tinggi.

Gambar 3. 5 Spektrofluorometer type Shimadzu RF-6000

2) UV-Vis 254

Pada penelitian ini UV 254 diuji menggunakan alat spektrofotometer type Hitachi UH-5300. Panjang gelombang yang digunakan dimulai dari 220 nm – 550 nm, dengan pembacaan pada panjang gelombang 254 nm.

Gambar 3. 6 Spektrofotometer type Hitachi UH-5300

3.4 Metode Analisis Data

Dari hasil yang sudah didapatkan, pengolahan data dilakukan dengan mengelompokan beberapa puncak hasil analisis fluoresensi dari eksitasi juga emisinya yang sudah diukur menggunakan alat spektrofluorometer. Dari hasil tersebut dapat diketahui fraksi bahan organik yang terkandung di dalam sampel air buatan. Setelah itu dilakukan uji korelasi antara parameter EEM dengan absorbansi UV-254 untuk mengetahui hubungan diantara keduanya. Selanjutnya melakukan analisa data dengan menjabarkan parameter konvensional dan parameter NOM yang sudah di dapatkan juga korelasi antara keduanya. Uji korelasi dilakukan menggunakan *software* SPSS dengan melihat interpretasi normalitasnya atau dapat menggunakan rumus rumus dibawah ini :

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

Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis dampak dosis terhadap parameter kualitas air yang sudah ditentukan. Adapun rumus persentase penurunannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase Penurunan} = \frac{(A-B)}{A} \times 100\%$$

Dimana :

A = nilai awal

B = nilai akhir

Untuk menghitung persentase penurunannya, hasil dari nilai A dan nilai B dikalikan dengan 100%. Setelah itu dapat dilihat peraba besar perubahan yang terjadi pada setiap parameternya.

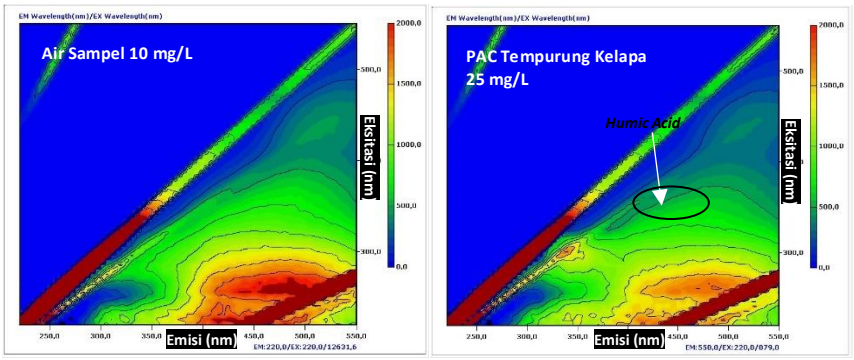
BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

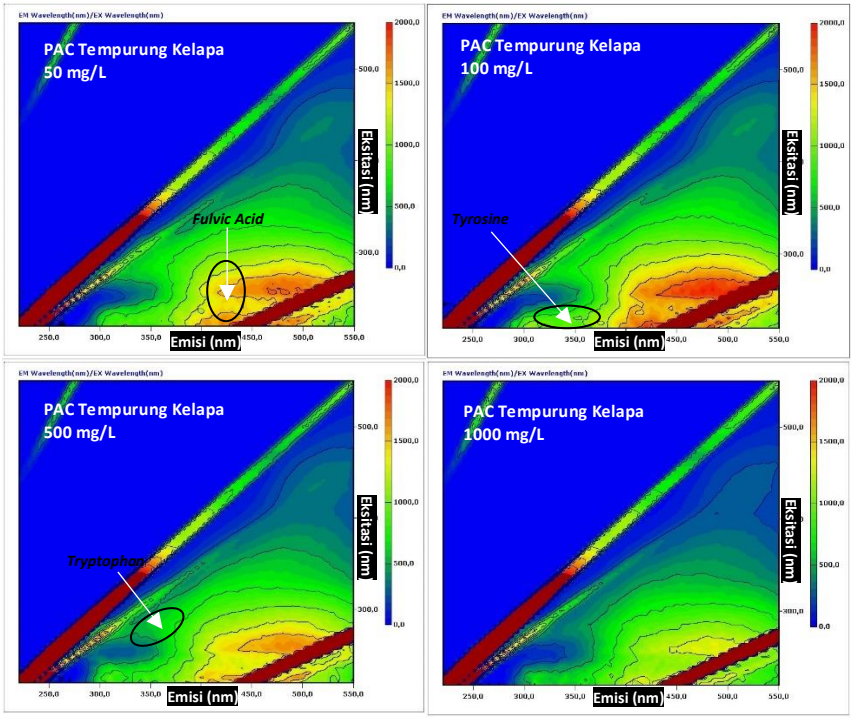
4.1 Pengujian Natural Organic Matter (NOM)

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode peak picking yang dimana pada metode ini senyawa NOM akan dikelompokan menjadi beberapa puncak yang akan ditunjukan dalam hasil eksitasi emisi dan *fluorescence intensity* nya. Puncak-puncak tersebut dikelompokan menjadi 4 yaitu: peak T (*Tryptophan*), peak B (*tyrosine*), peak A (*Fulvic-like*), peak C (*Humic-like*). Dari pengujian yang telah dilakukan diketahui jenis *Powdered Activated Carbon* (PAC) yang paling bagus, dan dosis konsentrasi yang optimal dalam menurunkan kadar pada setiap parameter kandungan NOM yang terdapat di dalam sampel.

4.1.1 PAC Tempurung kelapa

Pengujian dilakukan dengan menggunakan PAC tempurung kelapa dengan variasi kosentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, dan 1000 mg/L. Kemudian dengan konsentrasi air sampel sebesar 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L. pengujian ini dilakukan dengan menambahkan PAC sebagai adsorben kedalam air sampel. Hasil pengaruh PAC tempurung kelapa terhadap penurunan kadar NOM dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini:





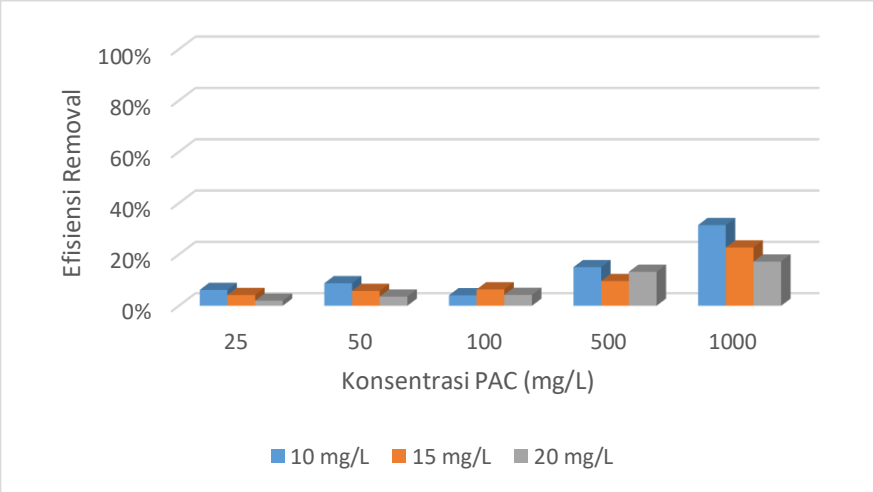
Gambar 4. 1 Hasil Adsorpsi PAC Tempurung Kelapa dalam dalam penurunan kandungan NOM Pada Air Sampel 10 mg/L

Adapun hasil efisiensi removal kandungan *fulvic acid* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 1 Efisiensi Removal *Fulvic Acid*

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Fulvic Acid* 10 mg/L**	***Fulvic Acid* 15 mg/L**	***Fulvic Acid* 20 mg/L**
25	6%	4%	2%
50	9%	6%	4%
100	4%	6%	4%
500	15%	10%	13%
1000	31%	23%	17%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *fulvic acid* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 2 Grafik Penurunan *Fulvic Acid* Tempurung Kelapa

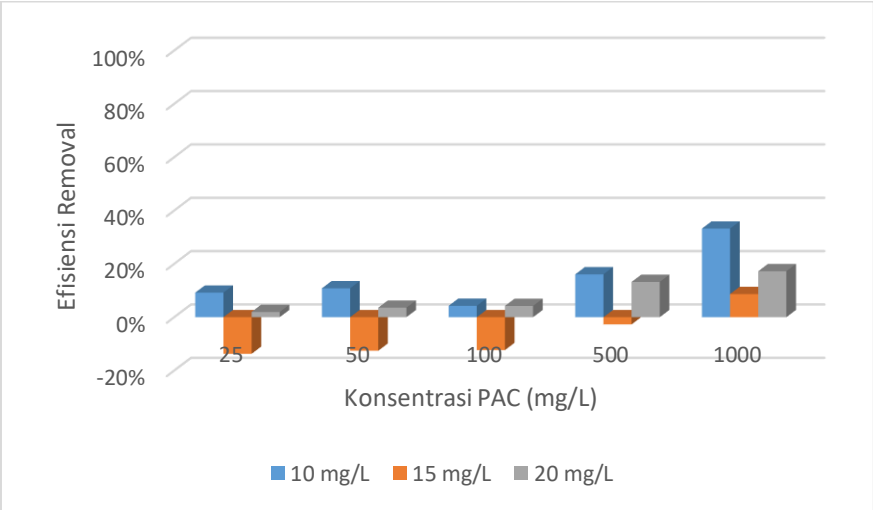
Berdasarkan data yang dihasilkan, dapat dilihat bahwa penambahan PAC tempurung kelapa pada air sampel dapat menurunkan kadar *fulvic acid* yang ada pada masing-masing air sampel. Hal ini membuktikan bahwa PAC dapat menurunkan kandungan NOM. Pada Tabel 4.1 dapat dilihat konsentrasi 1000 mg/L pada setiap sempelnya menurunkan kadar *fulvic acid* paling besar yaitu untuk air sampel 10 mg/L sebesar 31%, 15 mg/L sebesar 23%, dan 20 mg/L sebesar 17%. Besarnya penurunan yang terjadi dikarenakan efektivitas penurunan PAC dalam menghilangkan kadar NOM bergantung pada sifat, dosis PAC yang diberikan, dan juga sifat molekul organik pada air (J. Guminska et al. 2020).

Penurunan kandungan *humic acid* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel hasil efisiensi di bawah ini :

Tabel 4. 2 Efisiensi Removal *Humic Acid*

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Humic Acid* 10 mg/L**	***Humic Acid* 15 mg/L**	***Humic Acid* 20 mg/L**
25	9%	-14%	2%
50	11%	-13%	4%
100	0%	-12%	4%
500	16%	-3%	13%
1000	33%	9%	17%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *humic acid* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 3 Grafik Penurunan *Humic Acid* Tempurung Kelapa

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat penurunan *humic acid* yang terjadi tidak terlalu besar. Terjadi peningkatan kandungan *humic acid* yang terjadi pada sampel air 15 mg/L. Hal ini dapat disebabkan karena *humic acid* merupakan salah satu komponen bahan organik alami yang terbentuk dari adanya dekomposisi bahan organik atau residu organik lainnya. Sedangkan PAC tempurung kelapa bersumber dari bahan organik tanaman yang diolah menjadi karbon. Hal ini yang dapat memicu kenaikan

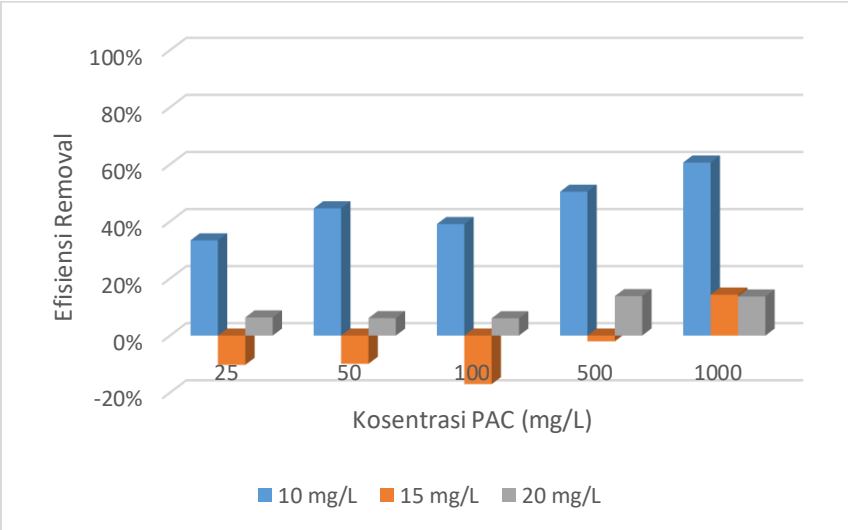
kandungan *humic acid* karena adanya interaksi diantara kedua bahan organik tersebut.

Penurunan kandungan *Tryptophan* yang terjadi pada sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel hasil efisiensi di bawah ini :

Tabel 4. 3 Efisiensi Removal *Tryptophan*

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Tryptophan* 10 mg/L**	***Tryptophan* 15 mg/L**	***Tryptophan* 20 mg/L**
25	33%	-10%	6%
50	45%	-10%	6%
100	39%	-17%	6%
500	50%	-2%	14%
1000	61%	14%	14%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *tryptophan* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 4 Grafik Penurunan *Tryptophan* Tempurung Kelapa

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 penurunan kadar tryptophan paling besar terjadi pada konsentrasi 1000 mg/L air sampel 10 mg/L yaitu sebesar 61%. Pada air sampel 15 mg/L dan 20 mg/L belum memberikan pengaruh yang signifikan terhadap penurunan *tryptophan*, bahkan terjadi peningkatan hingga 17% pada air sampel 15

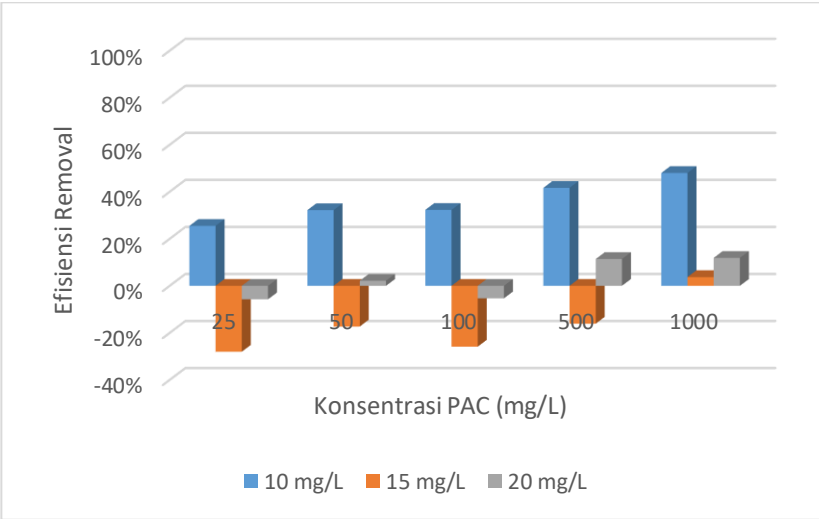
mg/L. Hal ini dikarenakan t*ryptophan* merupakan struktur protein yang sangat kuat. *Tryptophan* masuk kedalam salah satu amino esensial yang kuat, sehingga memerlukan proses kimia yang kuat juga dalam menurunkan kandungan *tryptophan*. *Tryptophan* telah lama diketahui sensitif terhadap polaritas lingkungan lokalnya (Beechem dan Brand, 1985). Hal tersebut dapat memicu kandungan *tryptophan* yang kuat di dalam air sangat sulit untuk diturunkan.

Penurunan kandungan *Tyrosine* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel hasil efisiensi di bawah ini:

Tabel 4. 4 Efisiensi Removal *Tyrosine*

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Tyrosine* 10 mg/L**	***Tyrosine* 15 mg/L**	***Tyrosine* 20 mg/L**
25	25%	-28%	-6%
50	32%	-17%	2%
100	32%	-26%	-5%
500	42%	-16%	11%
1000	48%	4%	12%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *tyrosine* yang terjadi pada grafik di bawah ini:

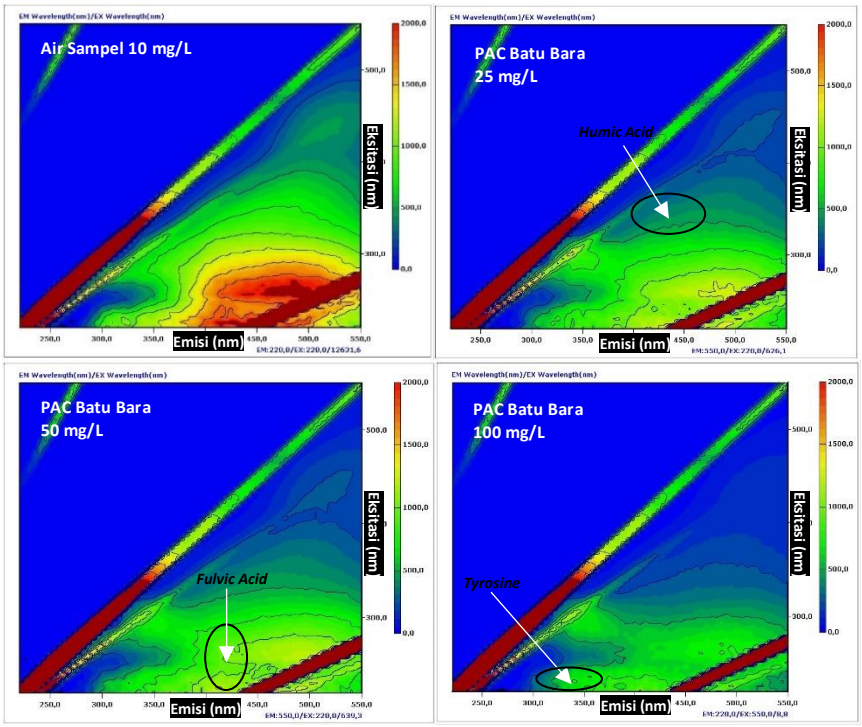


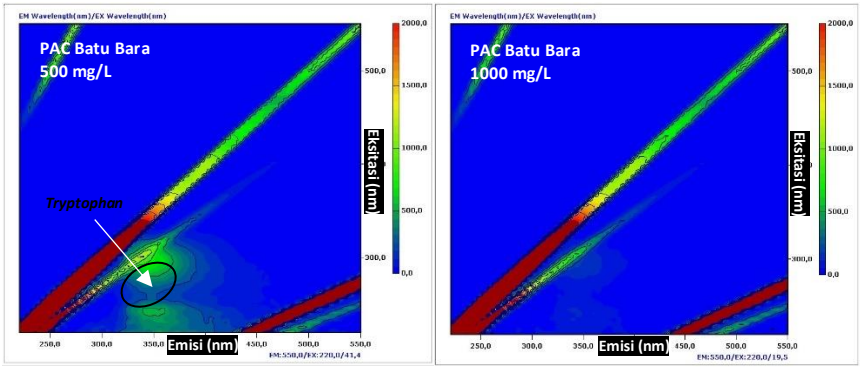
Gambar 4. 5 Grafik Penurunan *Tyrosine* Tempurung Kelapa

Tyrosine memiliki sifat yang tidak berbeda jauh dengan *tryptophan*, yaitu termasuk kedalam komponen protein kuat. Pada pengujian ini konsentrasi yang memberikan penurunan terhadap kandungan *tyrosine* terjadi pada konsentrasi 1000 mg/L pada setiap sampelnya. Dapat dilihat pada Tabel 4.4 pada sampel air 10 mg/L terjadi penurunan *tyrosine* sebesar 48%, air sampel 15 mg/L sebesar 4%, dan air sampel 20 mg/L 12%. Adanya peningkatan kandungan *tyrosine* dapat disebabkan karena beberapa faktor, salah satunya adalah pada proses adsorpsi kualitas air untuk pengenceran PAC terdapat kandungan protein juga, selain itu waktu kontak antara PAC dengan air sampel yang dapat berpengaruh dalam menurunkan kandungan *tyrosine*. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi penurunan dan peningkatan kandungan *tyrosine* yang terjadi.

4.1.*2* PAC Batu Bara

Hasil pengaruh PAC batu bara terhadap penurunan kadar NOM dapat dilihat pada gambar dan tabel dibawah ini:





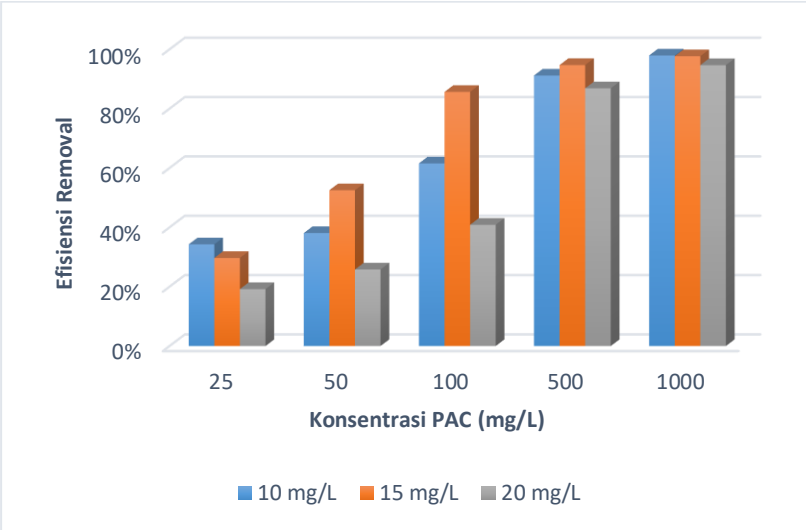
Gambar 4. 6 Hasil Adsorpsi PAC Batu Bara dalam dalam penurunan kandungan NOM Pada Air Sampel 10 mg/L

Adapun hasil efesiensi removal kandungan *fulvic acid* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4. 5 Efisiensi Removal *Fulvic Acid* PAC Batu Bara

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Fulvic Acid* 10 mg/L**	***Fulvic Acid* 15 mg/L**	***Fulvic Acid* 20 mg/L**
25	34%	30%	19%
50	38%	53%	26%
100	62%	86%	41%
500	91%	95%	87%
1000	98%	98%	95%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *fulvic acid* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 7 Grafik Penurunan *Fulvic Acid* PAC Batu Bara

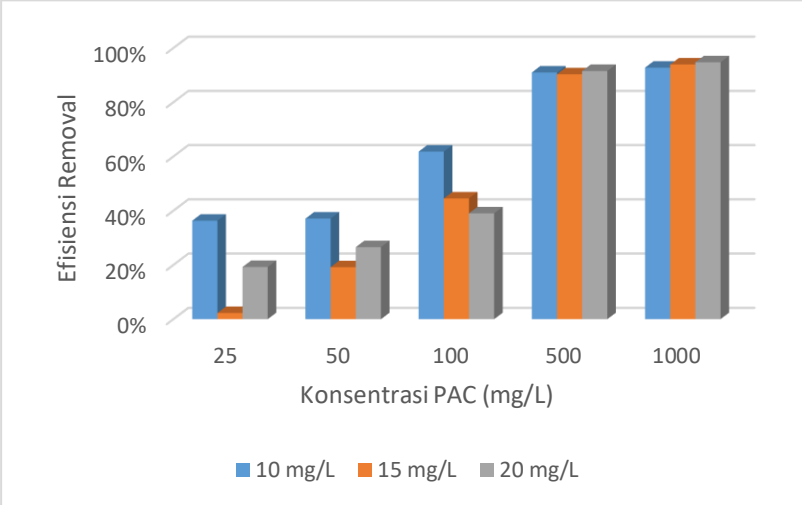
Dari hasil data yang didapatkan terjadi penurunan kadar *fulvic acid* pada setiap air sampel. Semakin besar konsentrasi yang diberikan maka penurunan yang terjadi akan semakin meningkat. Pada Tabel 4.5 terjadi penurunan yang signifikan sebesar 98% pada air sampel 10 mg/L dan 15 mg/L di konsentrasi 1000 mg/L, untuk air sampel 20 mg/L terjadi penurunan sebesar 95% pada konsentrasi yang sama. Hal ini dikarenakan variasi konsentrasi karbon aktif mempengaruhi luas bidang kontak antara karbon aktif dengan air sampel, dimana akan terjadi peningkatan jumlah permukaan kontak karbon aktif seiring dengan semakin tingginya konsentrasi karbon aktif, sehingga proses penyerapan air sampel semakin baik (Munandar et al., 2016).

Selanjutnya untuk hasil efisiensi removal *humic acid* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 6 Efisiensi Removal *Humic Acid* PAC Batu Bara

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Humic Acid* 10 mg/L**	***Humic Acid* 15 mg/L**	***Humic Acid* 20 mg/L**
25	36%	2%	19%
50	37%	19%	27%
100	62%	45%	39%
500	91%	90%	92%
1000	93%	94%	95%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *humic acid* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 8 Grafik Penurunan *Humic Acid* PAC Batu Bara

Dari hasil data di atas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kandungan *humic acid* secara signifikan. Penurunan optimal terjadi pada konsentrasi 1000 mg/L untuk setiap air sampel. Pada air sampel 10 mg/L terjadi penurunan sebesar 93%, air sampel 15 mg/L sebesar 94%, dan air sampel 20 mg/L sebesar 95%. Semakin tinggi konsentrasi PAC yang diberikan maka semakin besar hasil penurunan yang dihasilkan. Hal yang dapat menurunkan kadar *humic acid* pada air adalah proses adsorpsi yang dilakukan. Proses penyerapan *humic acid* semakin baik

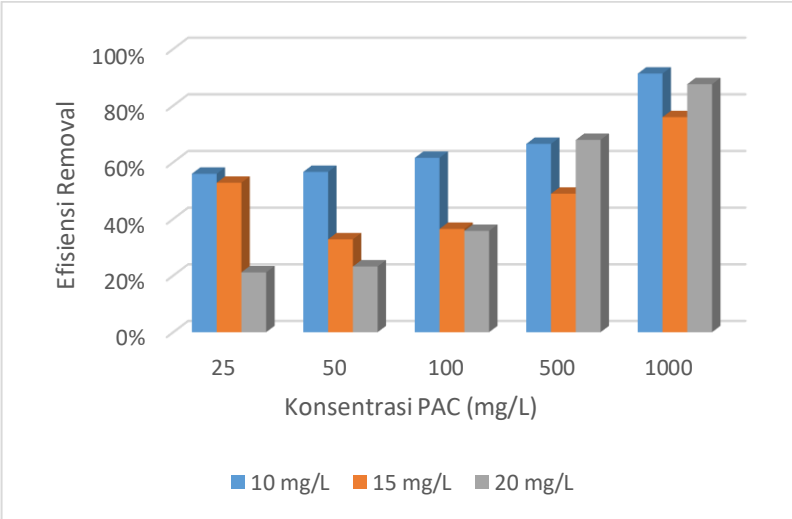
seiring dengan tingginya konsentrasi yang diberikan, sehingga dapat mengurangi keberadaanya di dalam air.

Selanjutnya untuk hasil efisiensi removal *tryptophan* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 7 Efisiensi Removal *Tryptophan* PAC Batu Bara

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Tryptophan* 10 mg/L**	***Tryptophan* 15 mg/L**	***Tryptophan* 20 mg/L**
25	56%	53%	21%
50	57%	33%	23%
100	62%	36%	36%
500	66%	49%	68%
1000	91%	76%	88%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *tryptophan* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 9 Grafik Penurunan *Tryptophan* PAC Batu Bara

Pada Tabel 4.7 dapat dilihat hasil efisiensi removal *tryptophan* mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya konsentrasi yang diberikan pada setiap sampelnya. Terjadi penurunan yang signifikan pada setiap sampelnya di konsentrasi 1000 mg/L. Penurunan sebesar 91% terjadi pada air sampel 10 mg/L,

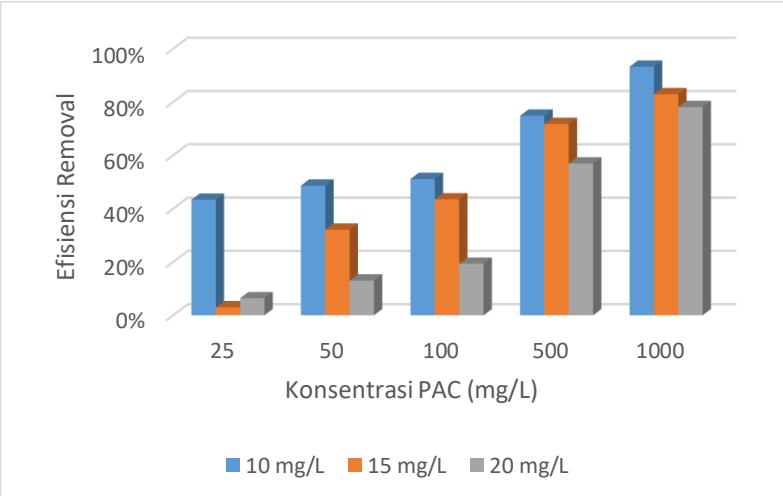
76% pada air sampel 15 mg/L, dan penurunan sebesar 88% terjadi pada air sampel 20 mg/L. Penurunan dapat disebabkan pada proses adsorpsi yang dilakukan, karbon aktif batubara memiliki luas permukaan permukaan 400 – 600 m^2/gram (Sudibandriyo dan Mulyati, 2008). dan banyak pori-pori mikroskopis yang memungkinkan molekul *tryptophan* untuk terserap pada permukaannya. Hal tersebut yang dapat menyebabkan penurunan pada kandungan *tryptophan*.

Selanjutnya untuk hasil efisiensi removal *tyrosine* yang terjadi pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 8 Efisiensi Removal *Tyrosine* PAC Batu Bara

Efisiensi Removal			
Konsentrasi PAC (mg/L)	***Tyrosine* 10 mg/L**	***Tyrosine* 15 mg/L**	***Tyrosine* 20 mg/L**
25	43%	3%	6%
50	49%	32%	13%
100	51%	43%	19%
500	75%	72%	57%
1000	93%	83%	78%

Dari hasil efisiensi yang sudah didapatkan dapat dilihat penurunan *tryptophan* yang terjadi pada grafik di bawah ini :



Gambar 4. 10 Grafik Penurunan *Tyrosine* PAC Batu Bara

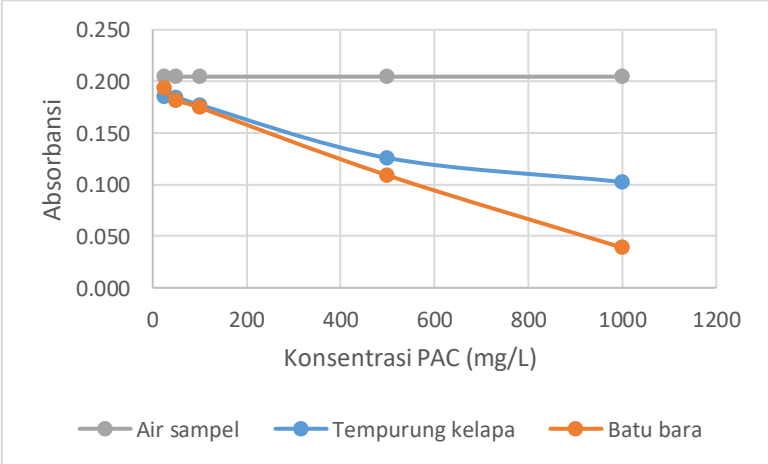
Pada Tabel 4.9 dapat dilihat terjadi penurunan yang semakin besar seiring dengan konsentrasi yang diberikan. Terjadi penurunan optimal pada konsentrasi

1000 mg/L. Pada air sampel 10 mg/L terjadi penurunan sebesar 93%, air sampel 15 mg/L sebesar 83%, dan air sampel 20 mg/L sebesar 78%. Penurunan *tryrosine* dapat terjadi karena PAC memiliki kemampuan yang dapat mengikat dan juga menghilangkan berbagai jenis zat terlarut pada larutan, termasuk kandungan *tyrosine* ini. *Tyrosine* merupakan senyawa yang ada pada larutan sehingga dapat diserap oleh PAC selama proses adsorpsi.

4.2 Pengujian UV-Vis 254

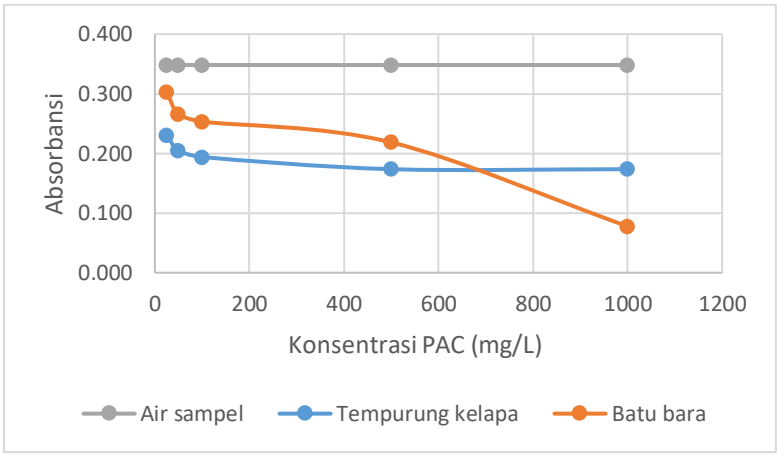
UV 254 merupakan elemen utama dari bahan organik alami. Absorbansi UV-Vis pada panjang gelombang 254 pada umumnya adalah untuk mengetahui keberadaan senyawa aromatik. Semakin besar nilai absorbansi yang diperoleh makan semakin tinggi pula kandungan senyawa aromatik pada air (Rinaldo, AB. 2019). Pengujian dilakukan menggunakan instrumen spektrofotometri pada tiga variasi air sampel 10 mg/L, 15 mg/L dan 20 mg/L dengan konsentrasi 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 500 mg/L, 1000 mg/L. Hasil pengaruh PAC Terhadap UV 254 pada air sampel 10 mg/L, 15 mg/L, dan 20 mg/L dapat dilihat pada gambar dibawah ini .

Berikut adalah grafik hasil nilai absorbansi setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan PAC tempurung kelapa dan PAC batu bara pada air sampek 10 mg/L :



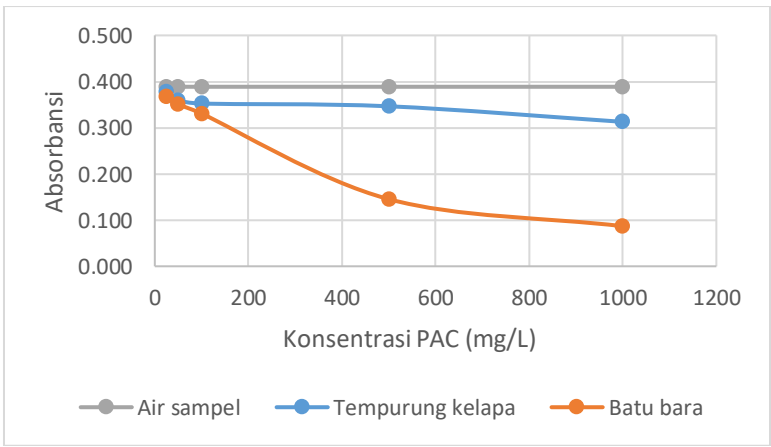
Gambar 4. 11 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 10 mg/L

Berikut adalah grafik hasil nilai absorbansi setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan PAC tempurung kelapa dan PAC batubara pada air sampel 15 mg/L :



Gambar 4. 12 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 15 mg/L

Berikut adalah grafik hasil nilai absorbansi setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan PAC tempurung kelapa dan PAC batubara pada air sampek 20 mg/L :



Gambar 4. 13 Pengaruh PAC Terhadap UV 254 Air Sampel 20 mg/L

Dari hasil pengujian dari ketiga sampel yang dilakukan dapat dilihat bahwa terjadi penurunan pada hasil UV 254. Ketika PAC menyerap NOM dari air,

konsentrasi molekul organik menurun, akibatnya absorbansi UV 254 juga ikut menurun. Nilai UV 254 yang tinggi menggambarkan bahwa adanya kandungan bahan organik aromatik yang tinggi juga. Hal ini berkaitan dengan hasil pengujian NOM yang sudah dilakukan. Selama proses adsorpsi menggunakan PAC, senyawa-senyawa NOM tertarik dan menempel pada permukaan partikel karbon aktif. Proses tersebut dapat mengubah karakteristik senyawa organik yang ada dan memungkinkan meningkatnya nilai UV 254, selain itu efisiensi proses ini tergantung pada beberapa faktor seperti karakteristik NOM, dan juga sifat PAC yang digunakan.

4.3 Uji Korelasi *Fluorescence EEM* dengan UV 254

Uji korelasi yang dilakukan untuk mengetahui suatu besaran yang menyatakan seberapa kuatnya hubungan antara *Fluorescence EEM* dengan UV 254. Selain itu untuk mengetahui derajat hubungan antara *Fluorescence EEM* dengan UV 254 menggunakan koefisien korelasi. Pada penelitian kali ini dilakukan uji korelasi *pearson* (r). Hubungan antara parameter NOM dengan UV 254 dapat bersifat positif juga negatif (Jabnabillah et al. 2022).

Tabel 4. 9 Uji Korelasi

Sampel	Koefisien Korelasi (r)				Keterangan
	Fulvic Acid	Humic Acid	Tryptophan	Tyrosine	
Tempurung Kelapa					
Sampel 10 mg/L	0,892	0,857	0,914	0,957	Korelasi Positif
Sampel 15 mg/L	0,706	0,78	0,605	0,707	Korelasi Positif
Sampel 20 mg/L	0,799	0,898	0,743	0,765	Korelasi Positif
Batu Bara					
Sampel 10 mg/L	0,919	0,893	0,963	0,997	Korelasi Positif
Sampel 15 mg/L	0,739	0,826	0,791	0,863	Korelasi Positif
Sampel 20 mg/L	0,989	0,987	0,991	0,995	Korelasi Positif

Dari hasil uji korelasi diatas diperoleh hasil korelasi positif dari kedua jenis PAC dengan nilai koefisien korelasi mendekati 1. Hal ini dikarenakan karena

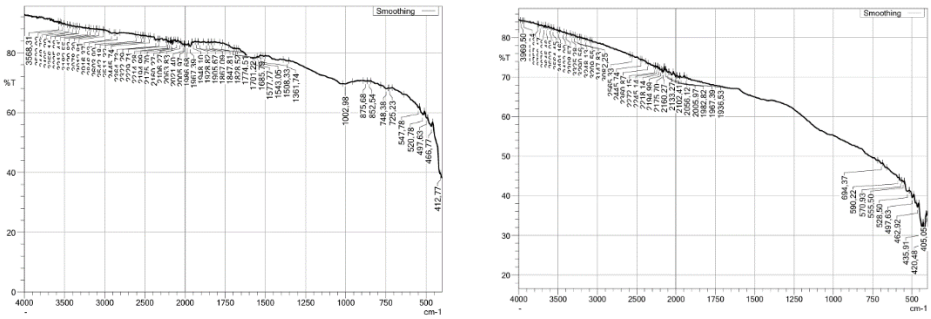
adanya pergerakan yang sama antara 2 variabel yaitu NOM dan UV 254. Apabila dibandingkan dengan salah satu sampel seperti pada Tabel 4.5 terlihat penurunan optimal kandungan *fulvic acid* pada konsentrasi 1000 mg/L menggunakan PAC batu bara. Pada Tabel 4.12 dimana terlihat nilai absorbansi UV 254 dari jenis PAC dan konsentrasi yang sama, diperoleh hasil absorbansi yang rendah pada konsentrasi 1000 mg/L batu bara. Maka dari itu dapat dibuktikan bahwa hasil dari *fluorescence intensity* dengan UV 254 memiliki hubungan yang sama, dimana semakin rendah nilai *fluorescence intensity* maka semakin kecil pula nilai UV 254 yang dihasilkan.

4.4 Perbandingan PAC tempurung kelapa dan PAC batu bara dalam menurunkan kadar NOM

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan hasil bahwa PAC batu bara memiliki efektivitas penurunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan PAC tempurung kelapa. Tempurung kelapa terdiri dari 62% selulosa dan hemiselulosa yang merupakan polimer linear dari glukosa serta mengandung 35% lignin yang merupakan polimer 3 dimensi alkohol aromatik, dengan sisa kandungan tempurung kelapa 3% zat intraselular yang mencakup berbagai senyawa seperti protein, lemak, dan senyawa organik lainnya (McKay dan Roberts, 1982). Dengan demikian adanya peningkatan pada parameter NOM setelah dilakukan proses adsorpsi menggunakan PAC tempurung kelapa dapat terjadi karena adanya kandungan zat intraselular yang ada pada karbon aktif tempurung kelapa.

Tempurung kelapa memiliki komposisi unsur yang terdiri dari karbon (74.3%), oksigen (21.9%), dan sulfur (0.5%) (Daniel Tamado, 2013). Sedangkan batu bara merupakan jenis karbon aktif yang memiliki kadar karbon yang cukup tinggi. Batu bara memiliki komposisi unsur karbon (83.2%), oksigen (7.4%), sulfur (0.6%) (Teng, 199). Batu bara memiliki kadar karbon yang lebih tinggi dibandingkan dengan tempurung kelapa. Dengan demikian karbon aktif batu bara memiliki kekuatan adsorpsi yang lebih besar karena memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih baik dalam menurunkan kandungan organik dalam air.

Ditemukan gugus hidroksil, gugus karbonil dan gugus alkana yang mendominasi pada karbon aktif tempurung kelapa. Sedangkan ditemukan gugus hidroksil dan gugus asil klorida yang mendominasi pada karbon aktif batu bara. Adanya gugus hidroksil yang terikat di dalam karbon aktif dapat mendukung penyerapan bahan organik dalam air karena sifatnya yang sangat polar dan kemampuan membentuk ikatan hidrogen yang kuat. Gugus karbonil juga meningkatkan kelarutan dalam air, namun tidak sekuat gugus hidroksil. Selain itu gugus klor juga dapat membantu dalam penyerapan bahan organik karena dapat meningkatkan kelarutan bahan organik dalam air dengan memperkenalkan polaritas pada molekulnya, terutama jika molekul tersebut sudah memiliki gugus fungsional polar lainnya. Sedangkat gugus alkana yang terikat pada karbon aktif bersifat non-polar, dimana gugus alkana tidak dapat berinteraksi secara efektif dengan molekul air yang bersifat polar. Hal ini dapat menyebabkan bahan organik yang didominasi oleh gugus alkana cenderung kurang larut dalam air dan sulit untuk diserap. Gugus fungsi dari karbon aktif tempurung kelapa dan batu bara dapat dilihat dari hasil FTIR di bawah ini :



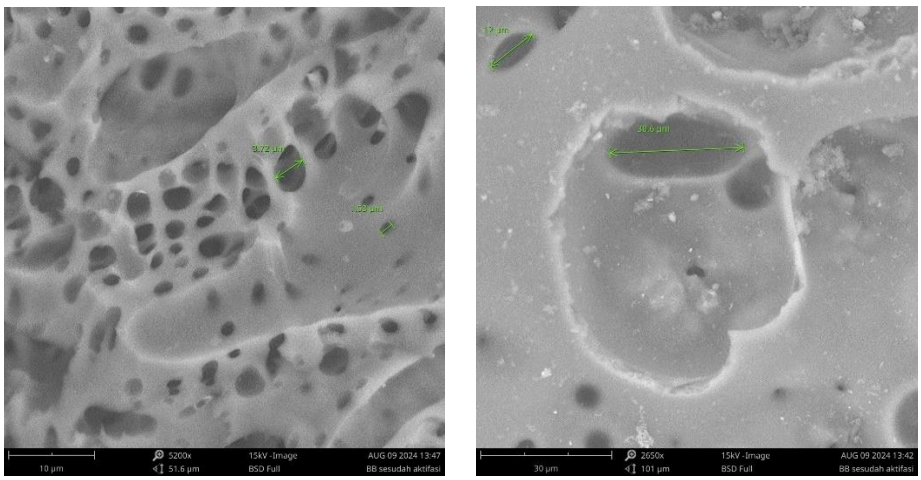
(A) **(B)**

Gambar 4. 14 Hail FTIR Struktur Kimia Karbon Aktif Tempurung Kelapa (A), dan Batu Bara (B).

Karbon aktif batubara memiliki luas permukaan 400 – 600 m^2/gram dan karbon aktif tempurung kelapa memiliki luas permukaan hanya sekitar 100 - 300 m^2/gram (Sudibandriyo dan Lydia (Mahmud Sudibandriyo, 2011). Hal ini dapat berpengaruh terhadap kapasitas dan efektivitas pada saat proses adsorpsi berlangsung. Dengan luas permukaan yang lebih besar, karbon aktif dapat

menyerap lebih banyak senyawa organik dalam air. Selain itu senyawa-senyawa bahan organik akan lebih cepat menempel pada permukaan karbon aktif. Dengan luas permukaan karbon aktif batubara yang lebih besar dibandingkan dengan karbon aktif tempurung kelapa, penurunan kandungan NOM akan lebih efektif apabila menggunakan karbon aktif batubara sebagai adsorben.

Selain itu, bentuk dan ukuran pori karbon aktif batu bara lebih bervariasi dibandingkan dengan ukuran pori karbon aktif tempurung kelapa. Adapun perbedaan pori antara karbon aktif batu bara dan tempurung kelapa dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



(A) **(B)**

Gambar 4. 15 Hasil Pengujian SEM Pada Permukaan Struktur Pada Karbon Aktif tempurung kelapa (A) dan Batu Bara (B) setelah diaktivasi

Hasil pengukuran diameter pori karbon aktif yang dihasilkan dari gambar SEM diatas menunjukan ukuran pori karbon aktif tempurung kelapa sebesar 0,53 μm - 3,72 μm dan karbon aktif batu bara adalah sebesar 12 μm - 30,6 μm. Semakin besar dan bervariasinya ukuran pori yang dimiliki oleh karbon aktif, bahan organik yang terserap akan lebih maksimal. Maka dari itu penggunaan karbon aktif batu bara sebagai adsorben lebih maksimal dalam menyerap kandungan bahan organik pada air dibandingkan dengan karbon aktif tempurung kelapa.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

2.4 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan juga analisis yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. *Powdered Activated Carbon* (PAC) terbukti efektif sebagai adsorben dalam menurunkan kandung *natural organic matter* (NOM). Adapun jenis PAC yang paling efektif adalah PAC batubara.
2. Dosis konsentrasi optimal dalam menurunkan kandungan NOM adalah konsentrasi 1000 mg/L jenis PAC batu bara.
    - Pada air sampel 10 mg/L PAC batubara mampu menurunkan 98% kandungan *fulvic acid,* kandungan *humic acid* terjadi penurunan sebesar 93%, kandungan *tryptophan* 91%, dan juga kandungan *tyrosine* sebesar 93%.
    - Pada air sampel 15 mg/L PAC batubara mampu menurunkan 98% kandungan *fulvic acid*, 94% kandungan *humic acid*, 76% *tryptophan*, dan 83% kandungan *tyrosine.*
    - Pada air sampel 10 mg/L PAC batubara mampu menurunkan 95% kandungan *fulvic acid* dan *humic acid*, 88% kandungan *tryptophan*, dan 78% kandungan *tyrosine.*

2.5 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan juga penelitian yang sudah dilakukan, saran yang dapat diberikan adalah diperlukan adanya variasi kecepatan dan waktu pengadukan pada proses adsorpsi untuk mengetahui apakah ada waktu yang lebih cepat tetapi bisa menurunkan kadar NOM secara optimal agar dapat memangkas biaya yang diperlukan.

DAFTAR PUSTAKA

Arsyad, E., & Saibatul Hamdi. (2010). *Teknologi Pengolahan Dan Pemanfaatan Karbon Aktif Untuk Industri*. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, Vol.2, No.2, Hal : 43-51.

Ary, M. 2012. *Menentukan Qualitas Lulusan Dengan Probabilitas Quota Kelas dan Lulusan Program Studi Menggunkana Pendekatan Model Logistic Regression*. 14(1). doi.org/10.31294/p.v14i1.3377.

Baker, A., Cumberland, S.A., Bradley, C., Buckley, C., Bridgeman, J. 2015. *To what extent can portable fluorescence spectroscopy be used in the real-time assessment of microbial water quality? Science of the Total Environment*, 532, 14-19.

Beechem, J. M., and L. Brand. 1985. *Time-resolved fluorescence of proteins*. Annu. Rev. Biochem. 54:43–71.

Daniel Tamado, E. B. (2013). *Sifat Termal Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa*. *Seminar Nasional Fisika*, 74.

Demirel-Uyguner, C., Bekbolet, M., & Swietlik, J. (2007). *Natural organic matter : Definitions and characterization. Control of Disinfection ByProducts in Drinking Water Systems*, 253–277.

Gumińska, J & Kłos, M. 2020b. *Optimising powdered activated carbon dosing strategy in aspect of NOM removal and the floc strength*. *Desalination and Water Treatment*. 208:210–215.

Giyatmi. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*, 25-26 Agustus. pp. 99-106.

Heriani, E, Simanjuntak, W & Ilim. 2014. Studi Pendahuluan Pengolahan Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Metode Kombinasi Elektrokoagulasi Dan Adsorpsi Menggunakan Karbosil. *Jurnal Sylva Lestari/Jurnal Sylva*

Hua, G., Reckhow, D.A., 2008 *DBP formation during chlorination and chloramination: effect of reaction time, pH, dosage, and temperature*. J. Am. Water Works Assoc. 1008, 82-95.

Hur, J., Williams, M.A., Schlautman, M.A. 2006. *Evaluating spectroscopic and chromatographic techniques to resolve dissolved organic matter via end member mixing analysis*. Chemosphere, 63(3), 387-402.

Jacangelo, Joseph G., Jack DeMarco, Douglas M. Owen & Stephen J. Randtke. (1995). *Selected processess for removing NOM*: an overview. Journal American Water Works Association : January 1995.

Kusuma, A. dkk. (2015). *Air Gambut Masih Memerlukan Pengolahan Khusus Terlebih Dahulu*. UniversitasTanjungpura. pp. 1–10.

Marsh, H. dan Rodriguez-Reinoso, F. *Activated Carbon*, Elsevier Science & Technology Books, page 2006, 322- 331.

Mahmud Sudibandriyo, L. L. (2011). *Karakteristik luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivasi kimia*. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*.

Matilainen A, Gjessing ET, Lahtinen T, Hed L,Bhatnagar A, Sillanpää M (2011). *An overviewof the methods used in the characterisation ofnatural organic matter (NOM) in relation todrinking water treatment*. Chemosphere,83(11): 1431-1442.

Matilainen, A., (2007). *Removal of the Natural Organic Matter in the Different Stages of the Dringking Water Treatment Prosess*. Tesis Tampere University of Technology. Tampere.

Mckay & Roberts, 1982, *The Ifluence of Pyrolysis Conditions On The Subsequent. Carbon*, 20, 2, 105.

Metcalf dan Edy. (2004). *Waste Water Engineering: Treatment And Reuse . Singapore*: Mcgraw-Hill.

Mifbakhuddin. (2010). *Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artetis*. Staf Pengajar Fakultas Kesehatan Masyarakan Universitas Muhammadiyah Semarang, 1-11.

Munandar, A., Muhammad, S., & Mulyati, S. (2016*). Penyisihan COD dari Limbah Cair Kelapa Sawit menggunakan Nano Karbon Aktif*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, 11 (1), 24-31.

Pujiyanto, Mahmud Sudibandriyo. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Siper Dari Batu Bara dan Tempurung Kelapa*. Tesis Magister, Departemen Teknik Universitas Indonesia

Roosmini Dwina. (1991). *Pembentukan Senyawa Trihalometan dalam Air Permukaan*. Tesis Magister, Departemen Teknik Lingkungan ITB, Bandung

Rinaldo, AB. 2019. *Karakterisasi Natural Organic Matter (NOM) Pada Pdam Kabupaten Sleman Unit Kregan Instalasi Lama,Yogyakarta*.

Said, NI. 2018b. *Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk*. Prinsip Dasar Perhitungan, Perencanaan Sistem Pembubuhan Dan Kriteria Disain. *Jurnal Air Indonesia*. 3(2).

Skoog, D. A., West, D. M., dan Holler, F. J., 1996, Fundamentals of Analytical Chemistry, Edisi ke-7, Sounders College, USA.

Sururi, Mohammad Rangga, Dwina Roosmini dan Suprihanto Notodarmojo. (2018). *Chromophoric and liability quantification of organik matters in the polluted rivers of Bandung watershed, Indonesia*

Suseno, H. Prasetyo. 2012. *Pengurangan Chemical Oxygen Demand (COD) dan Krom dalam Air Limbah Industri Penyamakan Kulit menggunakan Abu Terbang Bagas*. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Tenologi. Hal 270-278.

Syaiful, M., Intan, A. Jn., dan Andriawan, D., (2014), *Efektivitas Alum dari Kaleng Minuman Bekas sebagai Koagulan untuk Penjernihan Air*, Jurnal Kimia, 4(20), pp. 39-45.

Teng, H.; Yeh, T.-S. *Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coals with Zinc Chloride Activation*; Ind. Eng. Chem. Res. 1998, 37, 58.

Thurman, E.M., Malcolm, R.L., 1981. *Preparative isolation of aquatic humic substances*. Environ. Sci. Technol. 15, 463–466.

Trisnaliani, L. 2017. *Pengaruh Ukuran Partikel Terhadap Kecepatan Adsorpsi Karbonisasi Dengan Menggunakan Metode Analisa Isoterm Freundlich Pada Pembuatan Karbon Aktif Batu Bara Lignit*. Kinetika. 8(2):22–24.

Udyani, K., & Dkk. (2019). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia Dan Fisika Dengan Microwave.* Jurnal IPTEK Media Komunikasi Teknologi, Vol 23, No.1,Hal : 39-46. ISSN :1411-7010.

V. Uyak, S. Yavuz, I. Toroz, S. Ozaydin, E.A. Genceli, *Disinfection by-products precursors removal by enhanced coagulation and PAC adsorption, Desalination*, 216 (2007) 334–344.

Walas, M. Stanley. 1990. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. Washington: ButterworthHeinemann

Yang, Ralph. T, 2003, Adsorbents: Fundamentals and Applications, John Wiley and Sons, New Jersey.

Zaharah, TA, Rudiyansyah & Arisna, R. 2016. *Adsorpsi Besi dan Bahan Organik Pada Air Gambut Oleh Karbon Aktif Kulit Durian*. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 5(3).

Zulhilmi dkk. (2019). *Faktor yang Berhubungan Tingkat Konsumsi Air Bersih pada Rumah Tangga di KecamatanPeudada Kabupaten Bireun*. Jurnal Biologi Education. 7(November). pp. 110–126.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

- Peak Picking Sampel Air FA 5 mg

sampel	5 mg *Fulvic acid*			*Fulvic Acid*											*Peak Picking*
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EX	250											
			EM	400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	
1	Air sampel			1,427,310	1,460,729	1,515,756	1,534,010	1,556,896	1,613,014	1,644,157	1,613,937	1,618,598	1,619,239	1,635,646	1,644,157
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		1,345,360	1,338,613	1,384,162	1,372,757	1,389,876	1,484,029	1,490,218	1,466,938	1,508,438	1,542,737	1,531,594	1,542,737
3		50 mg/L		1,231,965	1,234,650	1,378,215	1,414,636	1,429,682	1,467,238	1,431,884	1,499,785	1,466,824	1,401,529	1,493,158	1,499,785
4		100 mg/L		1,364,551	1,403,455	1,499,431	1,547,714	1,588,694	1,613,813	1,558,721	1,617,328	1,642,936	1,618,702	1,577,196	1,642,936
5		500 mg/L		1,148,620	1,177,709	1,209,303	1,278,851	1,344,238	1,334,603	1,360,919	1,378,816	1,369,987	1,396,822	1,366,958	1,396,822
6		1000 mg/L		903,611	957,286	1,013,101	1,021,393	1,094,741	1,009,148	1,096,599	1,121,052	1,121,790	1,127,286	1,110,393	1,127,286
7	Batu bara	25 mg/L		891,728	964,009	971,654	994,909	1,061,623	1,059,235	1,034,271	1,022,129	1,079,327	1,080,754	1,052,844	1,080,754
8		50 mg/L		854,624	837,214	913,585	967,931	945,034	978,143	993,487	1,007,817	997,574	978,356	1,018,041	1,018,041
9		100 mg/L		597,546	632,214	592,437	564,130	592,744	600,835	566,363	612,773	585,717	606,038	625,411	632,214
10		500 mg/L		145,123	129,984	125,608	112,012	109,289	93,102	66,586	84,527	74,060	60,229	61,087	145,123
11		1000 mg/L		29,999	33,878	25,611	28,340	22,632	20,143	19,483	23,040	21,638	15,040	16,251	33,878

sampel	5 mg *Fulvic acid*			*Humic Acid*											*Peak Picking*
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EX	350											
			EM	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	
1	Air sampel			517,988	518,512	544,977	557,419	601,490	604,297	612,408	636,683	660,427	659,699	673,369	673,369
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		466,164	451,315	481,745	499,936	534,682	542,007	563,689	583,827	576,148	602,400	611,400	611,400
3		50 mg/L		449,788	450,920	471,371	501,230	512,317	538,074	561,757	579,558	584,669	591,168	600,317	600,317
4		100 mg/L		502,588	511,155	554,537	561,400	590,521	593,532	618,563	665,204	664,598	668,038	672,081	672,081
5		500 mg/L		433,564	435,403	447,487	474,833	492,929	503,652	541,138	538,034	539,901	565,141	560,592	565,141
6		1000 mg/L		350,821	334,081	355,371	368,646	377,062	391,738	416,282	433,970	446,490	448,039	449,633	449,633
7	Batu bara	25 mg/L		326,489	329,204	335,145	355,179	364,624	387,387	400,833	399,875	421,737	417,028	428,796	428,796
8		50 mg/L		318,104	302,459	328,154	339,142	358,745	358,398	387,088	389,746	399,088	404,076	423,498	423,498
9		100 mg/L		215,996	192,391	203,914	216,399	225,390	224,386	223,680	235,586	250,998	250,231	257,243	257,243
10		500 mg/L		60,746	30,830	26,861	21,496	20,302	23,364	20,334	20,516	21,111	20,459	19,544	60,746
11		1000 mg/L		48,751	15,441	11,489	9,815	11,837	10,672	10,534	9,650	12,287	10,500	10,231	48,751
sampel	5 mg *Fulvic acid*			*Tryptophan*											*Peak Picking*
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EX	280											
			EM	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	
1	Air sampel			1,246,570	1,520,482	1,603,832	1,569,032	1,533,717	1,475,895	1,461,250	1,358,967	1,318,883	1,324,576	1,265,503	1,603,832
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		874,347	977,691	1,058,887	1,057,681	1,052,071	1,068,685	1,036,851	961,466	1,027,821	1,018,201	1,033,274	1,068,685
3		50 mg/L		554,941	601,359	639,210	633,084	681,256	711,264	717,884	741,455	777,885	826,965	888,881	888,881
4		100 mg/L		633,815	670,408	681,741	699,975	724,076	734,874	817,463	813,303	837,052	913,108	977,224	977,224
5		500 mg/L		523,747	528,135	550,089	562,524	582,986	613,282	650,801	667,866	692,775	780,243	795,077	795,077
6		1000 mg/L		367,827	348,526	395,030	401,247	431,289	460,034	474,245	495,968	542,419	575,859	631,084	631,084
7	Batu bara	25 mg/L		568,533	609,506	696,674	671,446	679,210	682,593	707,014	694,123	678,937	703,149	705,526	707,014
8		50 mg/L		548,228	581,468	635,508	632,596	633,086	656,072	654,086	657,944	664,649	689,665	696,192	696,192
9		100 mg/L		444,960	548,007	596,376	574,162	589,989	616,725	601,271	599,260	583,432	574,125	583,519	616,725

10		500 mg/L		388,494	406,622	537,497	504,921	506,349	503,045	457,213	389,749	379,216	341,614	293,773	537,497
11		1000 mg/L		118,868	115,839	138,166	139,506	133,618	114,057	121,193	104,453	87,131	77,589	65,214	139,506
sampel	**5 mg *Fulvic acid***			***Tyrosine***											***Peak Picking***
No	**Jenis Carbon**	**Konsentrasi**	**EX**	**230**											
			EM	**330**	**335**	**340**	**345**	**350**	**355**	**360**	**365**	**370**	**375**	**380**	
1	Air sampel			1,375,651	1,536,142	1,760,136	1,725,795	1,581,201	1,775,436	1,523,132	1,477,881	1,473,817	1,488,212	1,446,498	1,775,436
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		855,037	838,226	859,978	894,897	887,023	893,691	934,411	989,343	1,024,005	1,129,000	1,204,257	1,204,257
3		50 mg/L		1,197,472	1,163,037	1,320,980	1,188,894	1,294,882	1,253,058	1,238,183	1,322,999	1,228,403	1,217,082	1,225,595	1,322,999
4		100 mg/L		850,979	915,539	942,105	965,370	1,040,626	1,048,603	936,143	1,082,092	1,111,513	1,158,922	1,202,152	1,202,152
5		500 mg/L		713,409	813,014	793,162	759,410	783,549	844,708	870,385	812,867	973,051	995,902	1,035,961	1,035,961
6		1000 mg/L		564,877	531,121	651,704	557,567	607,071	646,861	653,318	732,115	802,611	804,773	923,260	923,260
7	Batu bara	25 mg/L		705,954	809,904	752,661	815,793	791,833	807,684	904,226	876,631	885,888	938,955	1,005,766	1,005,766
8		50 mg/L		686,434	717,820	746,625	733,624	705,782	818,138	801,930	839,275	841,088	910,449	911,692	911,692
9		100 mg/L		553,788	681,530	818,991	715,545	718,498	658,217	715,393	720,742	742,556	817,409	868,005	868,005
10		500 mg/L		344,076	365,707	414,518	397,308	434,205	441,461	446,400	437,706	425,200	380,214	325,767	446,400
11		1000 mg/L		90,829	84,880	109,139	117,131	119,420	58,198	88,923	78,636	90,371	77,114	64,046	119,420

- Peak Picking Sampel Air FA 7,5 mg

sampel	7,5 mg *Fulvic acid*			*Fulvic Acid*											
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EXEM	250											*Peak Picking*
				400	405	410	415	420	425	430	435	440	445	450	
1	Air sampel			1,639,262	1,744,407	1,786,163	1,835,705	1,862,302	1,907,213	1,956,350	1,896,512	2,306,213	2,021,975	1,959,307	2,306,213
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		1,734,482	1,854,957	1,994,259	1,986,560	2,053,199	2,076,431	2,117,292	2,130,859	2,118,180	2,081,053	2,210,026	2,210,026
3		50 mg/L		1,628,405	1,890,771	1,897,178	2,005,756	2,054,546	2,008,948	2,088,392	2,092,607	2,080,331	2,108,711	2,173,142	2,173,142
4		100 mg/L		1,730,918	1,815,755	1,896,154	2,009,875	2,001,915	2,047,695	2,059,360	2,060,187	2,107,892	2,159,045	2,141,304	2,159,045
5		500 mg/L		1,620,325	1,610,495	1,853,679	1,920,545	1,939,415	1,873,208	1,889,955	1,941,773	1,976,444	2,084,425	2,033,079	2,084,425
6		1000 mg/L		1,419,449	1,453,647	1,505,275	1,621,190	1,565,522	1,782,675	1,631,796	1,771,678	1,726,442	1,779,900	1,774,722	1,782,675
7	Batu bara	25 mg/L		1,227,608	1,294,657	1,381,068	1,446,675	1,457,680	1,534,791	1,540,503	1,495,931	1,570,485	1,500,568	1,621,580	1,621,580
8		50 mg/L		804,950	946,854	951,838	1,025,688	980,341	982,931	1,002,231	1,011,328	999,342	1,026,400	1,095,047	1,095,047
9		100 mg/L		330,935	275,564	293,624	282,859	251,455	218,995	165,999	170,980	177,396	152,875	126,193	330,935
10		500 mg/L		122,079	83,907	90,845	80,522	71,249	49,801	58,500	42,260	42,533	31,526	39,205	122,079
11		1000 mg/L		53,142	45,384	44,398	34,518	30,109	28,506	31,039	22,824	16,750	18,520	29,723	53,142
sampel	7.5 mg *Fulvic acid*			*Humic Acid*											*Peak Picking*
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EXEM	350											
				410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	
1	Air sampel			606,718	619,954	658,739	695,529	729,581	742,124	770,722	806,092	820,809	826,039	844,428	844,428
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		687,316	705,334	727,230	785,495	807,589	849,977	865,389	904,739	922,529	941,239	960,381	960,381
3		50 mg/L		687,013	716,078	762,916	788,331	820,745	847,372	881,875	919,176	935,441	946,071	950,604	950,604
4		100 mg/L		690,073	696,962	744,151	776,459	817,668	855,349	884,242	904,931	920,551	936,033	948,547	948,547
5		500 mg/L		634,642	644,852	679,764	718,080	751,135	773,551	809,739	842,017	861,699	867,154	864,977	867,154
6		1000 mg/L		571,207	583,468	614,384	637,254	666,516	683,590	707,114	725,180	752,700	760,424	771,016	771,016
7	Batu bara	25 mg/L		585,998	609,331	641,000	668,043	694,891	728,002	752,278	769,503	790,661	795,497	825,299	825,299

8		50 mg/L		495,573	516,269	535,708	565,094	589,014	607,157	621,067	635,816	660,818	682,503	678,650	682,503
9		100 mg/L		349,590	353,247	360,910	389,534	400,682	409,129	435,263	440,966	456,623	468,425	462,438	468,425
10		500 mg/L		81,826	50,491	47,521	45,678	42,851	41,908	39,003	38,552	36,301	34,637	35,033	81,826
11		1000 mg/L		51,210	21,264	17,369	17,675	16,187	16,111	14,265	13,943	18,172	14,479	16,291	51,210
sampel	**7.5 mg *Fulvic acid***			***Tryptophan***											
No	**Jenis Carbon**	**Konsentrasi**	**EX**	**280**											***Peak Picking***
			EM	**330**	**335**	**340**	**345**	**350**	**355**	**360**	**365**	**370**	**375**	**380**	
1	Air sampel			674503	712231	778401	798718	867950	886689	911459	949196	1045654	1070349	1139941	1,139,941
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		839,327	918,810	953,200	965,633	988,198	1,032,427	1,049,452	1,077,329	1,166,887	1,227,871	1,256,835	1,256,835
3		50 mg/L		765,143	791,685	854,758	875,325	919,406	924,899	1,018,862	1,062,467	1,126,989	1,194,381	1,252,650	1,252,650
4		100 mg/L		843,401	895,367	1,011,029	1,010,998	981,877	1,041,354	1,078,712	1,129,538	1,163,256	1,230,130	1,333,974	1,333,974
5		500 mg/L		634,335	669,360	709,732	740,553	754,813	769,226	888,595	922,798	1,009,645	1,085,744	1,162,730	1,162,730
6		1000 mg/L		558,361	572,965	594,107	641,204	674,556	695,337	774,129	805,440	879,730	926,640	976,480	976,480
7	Batu bara	25 mg/L		392,800	444,460	506,689	538,527	495,807	475,848	443,728	387,339	331,158	289,172	250,910	538,527
8		50 mg/L		396,814	766,140	762,396	497,043	458,981	502,953	555,558	594,179	640,558	684,047	718,795	766,140
9		100 mg/L		413,680	442,850	517,176	518,833	544,616	583,614	584,981	611,481	651,095	663,334	724,385	724,385
10		500 mg/L		392,305	423,580	467,685	521,238	558,462	571,302	582,586	543,694	507,438	547,742	511,792	582,586
11		1000 mg/L		203,397	225,919	269,765	274,472	237,814	223,684	214,178	189,742	158,443	141,663	112,763	274,472
sampel	**7.5 mg *Fulvic acid***			***Tyrosine***											
No	**Jenis Carbon**	**Konsentrasi**	**EX**	**230**											***Peak Picking***
			EM	**330**	**335**	**340**	**345**	**350**	**355**	**360**	**365**	**370**	**375**	**380**	
1	Air sampel			962,708	911,713	1,001,445	953,811	994,459	977,180	1,015,598	1,135,450	1,205,567	1,197,376	1,276,658	1,276,658
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		1,125,737	1,287,740	1,302,817	1,266,475	1,156,699	1,315,040	1,379,178	1,406,018	1,432,976	1,541,018	1,634,489	1,634,489
3		50 mg/L		974,373	1,055,793	1,122,040	1,089,865	1,127,348	1,157,702	1,273,062	1,339,945	1,497,634	1,425,976	1,451,425	1,497,634
4		100 mg/L		1,163,655	1,260,441	1,372,811	1,332,979	1,379,924	1,476,962	1,436,529	1,462,499	1,543,421	1,578,108	1,607,104	1,607,104
5		500 mg/L		866,920	852,048	943,848	964,230	925,007	994,267	1,112,325	1,118,646	1,350,849	1,323,705	1,481,951	1,481,951

6		1000 mg/L		752,982	786,730	900,016	875,825	826,088	965,653	905,908	1,036,270	1,015,906	1,219,796	1,229,207	1,229,207
7	Batu bara	25 mg/L		706,203	747,793	720,947	716,592	815,998	929,933	875,011	940,804	1,052,672	1,138,680	1,238,379	1,238,379
8		50 mg/L		611,138	615,218	689,494	641,779	680,756	746,790	747,575	832,602	833,104	852,410	866,478	866,478
9		100 mg/L		363,871	432,490	583,027	503,328	562,029	587,786	575,335	626,736	721,497	553,298	585,579	721,497
10		500 mg/L		266,670	291,358	314,860	360,281	293,322	293,504	327,193	247,590	253,397	219,611	204,168	360,281
11		1000 mg/L		160,172	203,120	203,909	217,881	173,823	147,045	148,737	162,712	146,523	106,466	70,722	217,881

- Peak Picking Sampel Air FA 10 mg

sampel	**10 mg *Fulvic acid***			***Fulvic Acid***											***Peak Picking***
No	**Jenis Carbon**	**Konsentrasi**	**EX**	**250**											
			EM	**400**	**405**	**410**	**415**	**420**	**425**	**430**	**435**	**440**	**445**	**450**	
1	Air sampel			2,140,398	2,224,926	2,375,073	2,317,715	2,502,350	2,478,551	2,508,273	2,606,651	2,617,267	2,749,419	2,633,961	2,749,419
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		2,099,947	2,259,143	2,306,368	2,370,630	2,436,802	2,443,266	2,525,874	2,556,319	2,511,457	2,612,566	2,633,142	2,633,142
3		50 mg/L		2,064,604	2,145,243	2,215,669	2,370,880	2,415,406	2,459,005	2,500,789	2,485,231	2,534,357	2,651,432	2,530,145	2,651,432
4		100 mg/L		2,051,060	2,110,645	2,281,643	2,361,216	2,432,365	2,471,656	2,449,852	2,460,395	2,695,442	2,538,360	2,535,720	2,695,442
5		500 mg/L		1,910,112	2,011,602	2,007,469	2,213,396	2,180,851	2,255,676	2,336,821	2,281,526	2,316,634	2,342,687	2,385,462	2,385,462
6		1000 mg/L		1,797,741	1,973,618	2,024,610	2,070,261	2,125,655	2,221,366	2,172,245	2,194,052	2,161,820	2,274,772	2,275,675	2,275,675
7	Batu bara	25 mg/L		1,802,342	1,795,698	1,927,001	1,931,515	2,048,268	2,026,412	2,147,609	2,148,043	2,113,579	2,221,727	2,181,425	2,221,727
8		50 mg/L		1,625,490	1,701,271	1,732,921	1,841,120	1,801,359	1,960,372	1,902,238	1,864,627	2,039,779	1,995,533	1,990,513	2,039,779
9		100 mg/L		1,297,655	1,377,446	1,468,550	1,494,909	1,476,344	1,533,072	1,494,512	1,491,607	1,592,106	1,578,898	1,625,974	1,625,974
10		500 mg/L		331,233	354,683	361,072	337,451	317,829	278,636	261,901	242,448	260,146	224,322	225,230	361,072
11		1000 mg/L		118,109	146,665	128,445	117,017	111,742	100,436	93,971	92,227	76,301	87,867	71,830	146,665

sampel	10 mg *Fulvic acid*			*Humic Acid*											Peak Picking
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EX	350											
			EM	410	415	420	425	430	435	440	445	450	455	460	
1	Air sampel			926,100	945,374	992,276	1,058,524	1,091,061	1,134,185	1,173,077	1,220,292	1,241,705	1,280,116	1,299,091	1,299,091
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		905,135	941,457	983,511	1,025,248	1,091,410	1,121,466	1,168,656	1,203,252	1,230,532	1,247,178	1,234,686	1,247,178
3		50 mg/L		871,142	923,516	989,313	1,030,571	1,070,983	1,113,729	1,144,185	1,188,078	1,200,984	1,241,606	1,258,290	1,258,290
4		100 mg/L		856,546	902,819	964,455	1,010,563	1,048,530	1,087,597	1,128,532	1,154,963	1,187,092	1,210,068	1,234,319	1,234,319
5		500 mg/L		782,702	818,388	873,297	929,802	961,708	1,003,359	1,041,170	1,066,247	1,100,369	1,110,569	1,137,626	1,137,626
6		1000 mg/L		748,239	783,616	832,306	878,123	907,519	929,317	970,021	1,015,961	1,034,999	1,035,993	1,043,880	1,043,880
7	Batu bara	25 mg/L		727,254	771,144	813,103	840,340	882,135	909,954	959,326	989,033	1,015,693	1,027,224	1,049,030	1,049,030
8		50 mg/L		660,148	681,889	747,321	767,939	805,372	839,355	871,407	918,681	926,545	953,976	940,113	953,976
9		100 mg/L		546,026	574,226	596,435	625,542	659,242	679,762	710,108	731,806	761,124	769,383	792,110	792,110
10		500 mg/L		109,997	80,901	79,640	79,868	78,057	77,624	77,365	74,808	79,060	73,773	69,790	109,997
11		1000 mg/L		68,411	36,931	32,155	30,066	30,051	27,247	28,590	25,628	27,776	24,549	24,348	68,411
sampel	10 mg *Fulvic acid*			*Tryptophan*											Peak Picking
No	Jenis Carbon	Konsentrasi	EX	280											
			EM	330	335	340	345	350	355	360	365	370	375	380	
1	Air sampel			816,127	844,577	916,986	922,283	939,669	1,039,615	1,147,467	1,207,934	1,285,819	1,449,563	1,541,678	1,541,678
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		810,074	864,860	920,799	926,149	957,476	1,046,283	1,136,202	1,157,510	1,300,060	1,395,889	1,443,485	1,443,485
3		50 mg/L		759,698	779,611	835,987	884,201	900,337	980,033	1,071,534	1,144,677	1,252,583	1,390,057	1,447,659	1,447,659
4		100 mg/L		780,612	790,606	848,268	888,842	914,218	972,491	1,080,969	1,142,742	1,246,933	1,324,088	1,448,137	1,448,137
5		500 mg/L		670,008	675,544	719,371	752,478	820,185	850,305	955,719	1,041,890	1,085,742	1,209,397	1,328,512	1,328,512
6		1000 mg/L		698,098	761,619	795,809	810,372	851,535	906,831	986,018	1,062,028	1,111,154	1,214,797	1,330,654	1,330,654
7	Batu bara	25 mg/L		600,955	604,659	645,375	707,445	764,793	814,930	897,107	950,070	1,034,901	1,109,049	1,216,068	1,216,068

8		50 mg/L		599,554	602,147	686,727	720,865	742,906	779,314	867,636	922,941	1,006,317	1,084,736	1,184,150	1,184,150
9		100 mg/L		487,740	509,222	572,371	602,249	647,863	706,245	749,994	778,210	855,402	878,305	990,444	990,444
10		500 mg/L		260,866	294,555	353,795	395,604	406,640	449,313	474,361	472,464	486,268	472,511	494,922	494,922
11		1000 mg/L		109,256	111,341	128,503	149,185	164,922	162,064	164,450	177,499	187,398	191,754	186,900	191,754
sampel	**10 mg *Fulvic acid***			***Tyrosine***											
No	**Jenis Carbon**	**Konsentrasi**	**EX**	**230**											***Peak Picking***
			EM	**330**	**335**	**340**	**345**	**350**	**355**	**360**	**365**	**370**	**375**	**380**	
1	Air sampel			1,136,427	992,909	1,082,450	1,165,610	1,276,622	1,243,787	1,295,881	1,452,016	1,509,522	1,526,678	1,656,635	1,656,635
2	Tempurung kelapa	25 mg/L		1,072,141	967,884	1,050,251	1,223,834	1,292,935	1,264,730	1,237,811	1,314,330	1,457,227	1,634,191	1,751,368	1,751,368
3		50 mg/L		998,457	1,146,471	1,050,874	1,141,426	1,183,167	1,242,369	1,273,657	1,301,030	1,470,329	1,495,090	1,620,827	1,620,827
4		100 mg/L		1,125,903	919,892	1,101,400	1,189,658	1,289,232	1,240,941	1,271,403	1,316,770	1,515,139	1,612,201	1,744,330	1,744,330
5		500 mg/L		786,575	779,996	775,601	890,992	942,726	1,058,959	1,044,703	1,259,784	1,247,771	1,389,135	1,467,691	1,467,691
6		1000 mg/L		997,352	957,174	900,418	976,980	1,052,787	1,137,629	1,109,204	1,238,544	1,298,203	1,399,907	1,459,908	1,459,908
7	Batu bara	25 mg/L		783,628	793,060	903,803	934,202	1,019,946	982,761	1,061,882	1,250,728	1,183,291	1,224,965	1,550,597	1,550,597
8		50 mg/L		838,333	797,328	943,580	793,150	961,422	1,014,469	1,119,381	1,105,078	1,133,201	1,293,397	1,440,378	1,440,378
9		100 mg/L		681,394	640,854	654,464	763,136	735,702	901,111	1,048,011	976,566	1,062,991	1,073,443	1,336,407	1,336,407
10		500 mg/L		325,693	440,697	426,106	466,788	490,998	572,519	639,725	615,381	713,642	671,029	707,724	713,642
11		1000 mg/L		199,306	241,445	308,478	341,364	294,246	342,758	362,886	315,392	290,744	335,452	267,544	362,886

- **Perhtiungan Persentase penurunan**
  - FA 5 mg

Fulvic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,644,157	1,542,737	6%
2		50 mg/L	1,644,157	1,499,785	9%
3		100 mg/L	1,712,697	1,642,936	4%
4		500 mg/L	1,644,157	1,396,822	15%
5		1000 mg/L	1,644,157	1,127,286	31%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,644,157	1,080,754	34%
7		50 mg/L	1,644,157	1,018,041	38%
8		100 mg/L	1,644,157	632,214	62%
9		500 mg/L	1,644,157	145,123	91%
10		1000 mg/L	1,644,157	33,878	98%
Humic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	673,369	611,400	9%
2		50 mg/L	673,369	600,317	11%
3		100 mg/L	673,369	672,081	0%
4		500 mg/L	673,369	565,141	16%
5		1000 mg/L	673,369	449,633	33%
6	Batu Bara	25 mg/L	673,369	428,796	36%
7		50 mg/L	673,369	423,498	37%
8		100 mg/L	673,369	257,243	62%
9		500 mg/L	673,369	60,746	91%
10		1000 mg/L	673,369	48,751	93%
Tryptophan					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,603,832	1,068,685	33%
2		50 mg/L	1,603,832	888,881	45%
3		100 mg/L	1,603,832	977,224	39%
4		500 mg/L	1,603,832	795,077	50%
5		1000 mg/L	1,603,832	631,084	61%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,603,832	707,014	56%
7		50 mg/L	1,603,832	696,192	57%
8		100 mg/L	1,603,832	616,725	62%
9		500 mg/L	1,603,832	537,497	66%
10		1000 mg/L	1,603,832	139,506	91%
Tyrosine					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,775,436	1,322,999	25%
2		50 mg/L	1,775,436	1,204,257	32%

3		100 mg/L	1,775,436	1,202,152	32%
4		500 mg/L	1,775,436	1,035,961	42%
5		1000 mg/L	1,775,436	923,260	48%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,775,436	1,005,766	43%
7		50 mg/L	1,775,436	911,692	49%
8		100 mg/L	1,775,436	868,005	51%
9		500 mg/L	1,775,436	446,400	75%
10		1000 mg/L	1,775,436	119,420	93%

Contoh perhitungan penurunan kandungan fulvic acid PAC batu bara 1000 mg/L:

Persentase Penurunan = $\frac{(A-B)}{A} \times 100\%$

Persentase Penurunan = $\frac{(1{,}644{,}157-33{,}878)}{1{,}644{,}157} \times 100\%$

Persentase Penurunan = 98%

- FA 7,5 mg

Fulvic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	2,306,213	2,210,026	4%
2		50 mg/L	2,306,213	2,173,142	6%
3		100 mg/L	2,306,213	2,159,045	6%
4		500 mg/L	2,306,213	2,084,425	10%
5		1000 mg/L	2,306,213	1,782,675	23%
6	Batu Bara	25 mg/L	2,306,213	1,621,580	30%
7		50 mg/L	2,306,213	1,095,047	53%
8		100 mg/L	2,306,213	330,935	86%
9		500 mg/L	2,306,213	122,079	95%
10		1000 mg/L	2,306,213	53,142	98%
Humic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	844,428	960,381	-14%
2		50 mg/L	844,428	950,604	-13%
3		100 mg/L	844,428	948,547	-12%
4		500 mg/L	844,428	867,154	-3%
5		1000 mg/L	844,428	771,016	9%
6	Batu Bara	25 mg/L	844,428	825,299	2%
7		50 mg/L	844,428	682,503	19%
8		100 mg/L	844,428	468,425	45%
9		500 mg/L	844,428	81,826	90%
10		1000 mg/L	844,428	51210	94%

Tryptophan					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,139,941	1,256,835	-10%
2		50 mg/L	1,139,941	1,252,650	-10%
3		100 mg/L	1,139,941	1,333,974	-17%
4		500 mg/L	1,139,941	1,162,730	-2%
5		1000 mg/L	1,139,941	976,480	14%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,139,941	538,527	53%
7		50 mg/L	1,139,941	766,140	33%
8		100 mg/L	1,139,941	724,385	36%
9		500 mg/L	1,139,941	582,586	49%
10		1000 mg/L	1,139,941	274,472	76%
Tyrosine					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,276,658	1,634,489	-28%
2		50 mg/L	1,276,658	1,497,634	-17%
3		100 mg/L	1,276,658	1,607,104	-26%
4		500 mg/L	1,276,658	1,481,951	-16%
5		1000 mg/L	1,276,658	1,229,207	4%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,276,658	1,238,379	3%
7		50 mg/L	1,276,658	866,478	32%
8		100 mg/L	1,276,658	721,497	43%
9		500 mg/L	1,276,658	360,281	72%
10		1000 mg/L	1,276,658	217,881	83%

Contoh perhitungan penurunan kandungan *Tryptophan* PAC batu bara 1000 mg/L:

Persentase Penurunan = $\frac{(\mathrm{A}-\mathrm{B})}{A} \times 100\%$

Persentase Penurunan = $\frac{(1{,}139{,}941-274{,}472)}{1{,}139{,}941} \times 100\%$

Persentase Penurunan = 76%

- FA 10 mg

Fulvic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	2,749,419	2,695,442	2%
2		50 mg/L	2,749,419	2,651,432	4%
3		100 mg/L	2,749,419	2,633,142	4%
4		500 mg/L	2,749,419	2,385,462	13%
5		1000 mg/L	2,749,419	2,275,675	17%
6	Batu Bara	25 mg/L	2,749,419	2,221,727	19%
7		50 mg/L	2,749,419	2,039,779	26%
8		100 mg/L	2,749,419	1,625,974	41%
9		500 mg/L	2,749,419	361,072	87%
10		1000 mg/L	2,749,419	146,665	95%
Humic					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,299,091	1,247,178	4%
2		50 mg/L	1,299,091	1,258,290	3%
3		100 mg/L	1,299,091	1,234,319	5%
4		500 mg/L	1,299,091	1,137,626	12%
5		1000 mg/L	1,299,091	1,043,880	20%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,299,091	1,049,030	19%
7		50 mg/L	1,299,091	953,976	27%
8		100 mg/L	1,299,091	792,110	39%
9		500 mg/L	1,299,091	109,997	92%
10		1000 mg/L	1,299,091	68,411	95%
Tryptophan					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,541,678	1443485	6%
2		50 mg/L	1,541,678	1447659	6%
3		100 mg/L	1,541,678	1448137	6%
4		500 mg/L	1,541,678	1328512	14%
5		1000 mg/L	1,541,678	1330654	14%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,541,678	1,216,068	21%
7		50 mg/L	1,541,678	1,184,150	23%
8		100 mg/L	1,541,678	990,444	36%
9		500 mg/L	1,541,678	494,922	68%
10		1000 mg/L	1,541,678	191,754	88%
Tyrosine					
No	**Jenis**	**Kosentrasi**	**Nilai Awal**	**Nilai Akhir**	**Persentase**
1	Tempurung Kelapa	25 mg/L	1,656,635	1,751,368	-6%
2		50 mg/L	1,656,635	1,620,827	2%
3		100 mg/L	1,656,635	1,744,330	-5%

4		500 mg/L	1,656,635	1,467,691	11%
5		1000 mg/L	1,656,635	1,459,908	12%
6	Batu Bara	25 mg/L	1,656,635	1,550,597	6%
7		50 mg/L	1,656,635	1,440,378	13%
8		100 mg/L	1,656,635	1,336,407	19%
9		500 mg/L	1,656,635	713,642	57%
10		1000 mg/L	1,656,635	362,886	78%

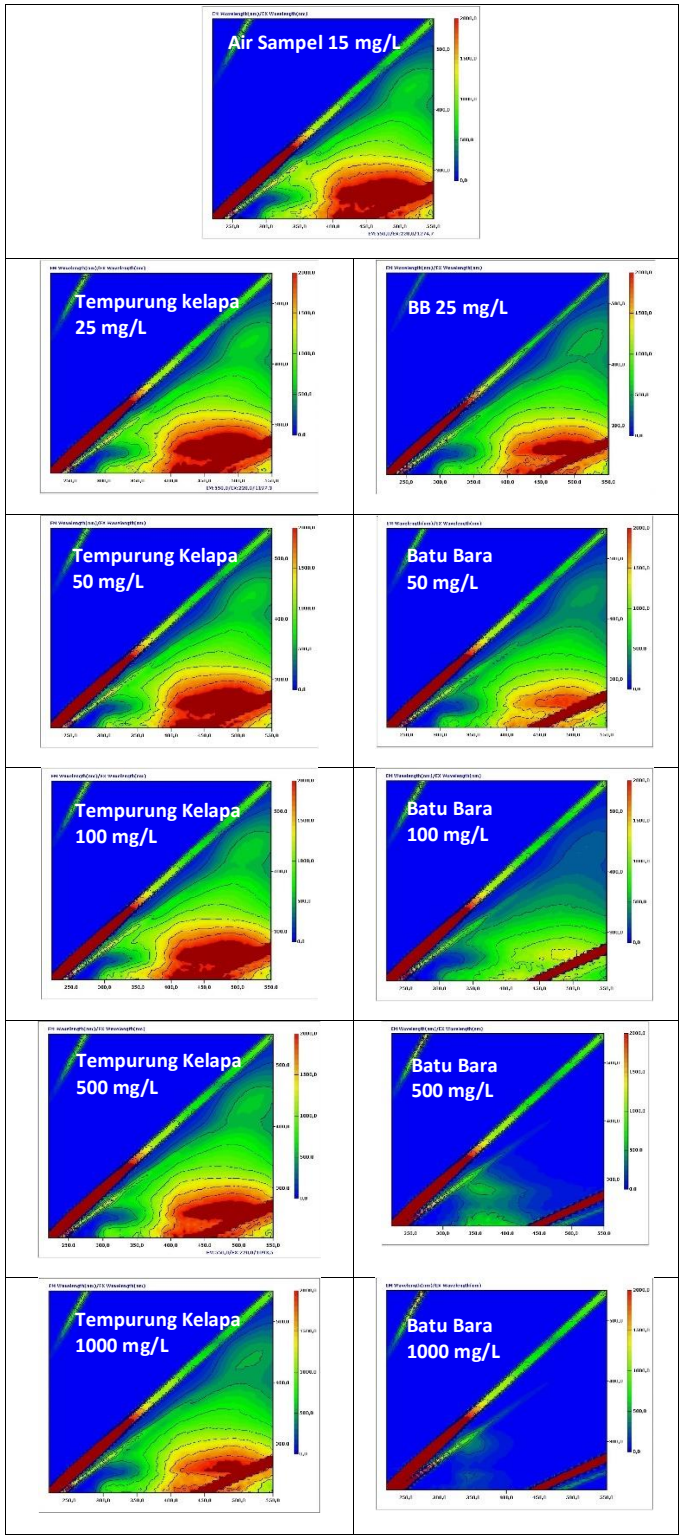
Contoh perhitungan penurunan kandungan *Tyrosine* PAC batu bara 1000 mg/L:

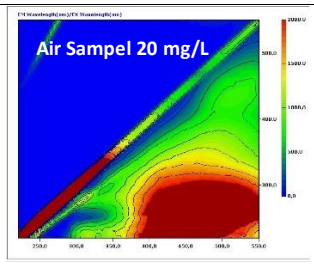
Persentase Penurunan = $\frac{(\mathrm{A}-\mathrm{B})}{A} \times 100\%$

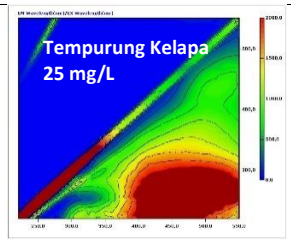
Persentase Penurunan = $\frac{(1{,}656{,}635-362{,}886)}{1{,}139{,}941} \times 100\%$

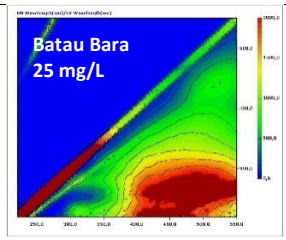
Persentase Penurunan = 78%

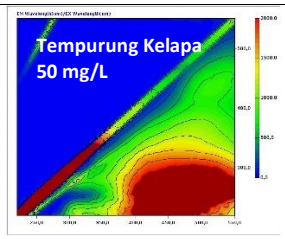
Lampiran 2

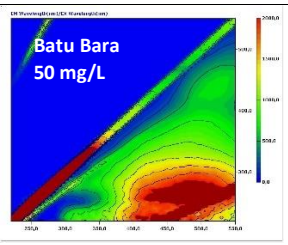

Air Sampel 15 mg/L
Tempurung kelapa 25 mg/L
BB 25 mg/L
Tempurung Kelapa 50 mg/L
Batu Bara 50 mg/L
Tempurung Kelapa 100 mg/L
Batu Bara 100 mg/L
Tempurung Kelapa 500 mg/L
Batu Bara 500 mg/L
Tempurung Kelapa 1000 mg/L
Batu Bara 1000 mg/L

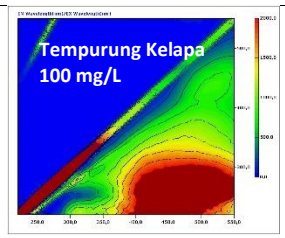

Air Sampel 20 mg/L

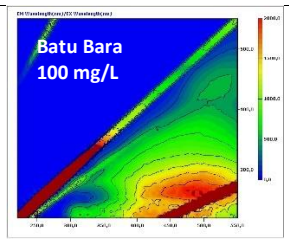

Tempurung Kelapa
25 mg/L

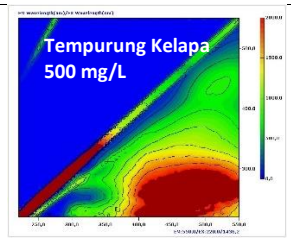

Batau Bara
25 mg/L

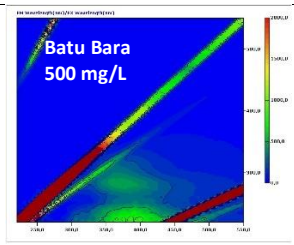

Tempurung Kelapa
50 mg/L

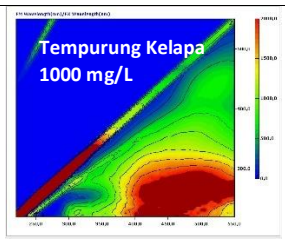

Batu Bara
50 mg/L

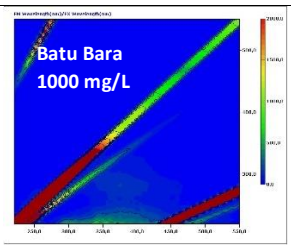

Tempurung Kelapa
100 mg/L


Batu Bara
100 mg/L


Tempurung Kelapa
500 mg/L


Batu Bara
500 mg/L


Tempurung Kelapa
1000 mg/L


Batu Bara
1000 mg/L

Lampiran 3 Dokumentasi Uji Laboratorium

- **Proses aktivasi karbon aktif**

Belender, saringan, dan shaker untuk menghaluskan karbon aktif

Karbon aktif sebelum di haluska dan sesudah di haluskan

- **Proses pembuatan sampel air**

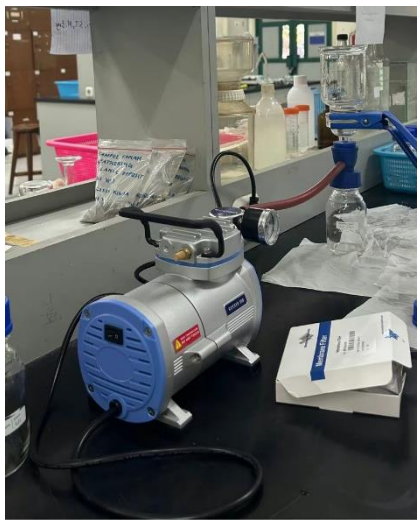
Fulvic Acid

Air aquades yang sudah tercampur oleh *fulvic acid*

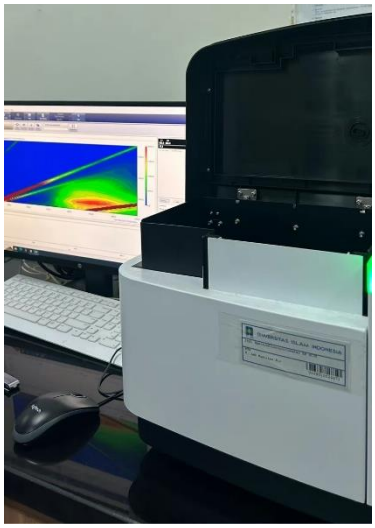
- **Proses adsorpsi**

Proses adsorpsi air sampel dengan PAC

- **Pengujian NOM dan UV 254**



Vakum Penyaring



Spektrofluorometer